

Evaluación de la afectación de la capacidad vial dado a la implementación de medidas de traffic calming. Caso de estudio: cámaras de detección electrónica de la ciudad de Barranquilla.

Valentina María Domínguez Cervantes

Karen Margarita Muñoz Montero

Corporación Universidad de la Costa CUC

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Programa de Ingeniería Civil

Barranquilla, Colombia

2020

Evaluación de la afectación de la capacidad vial dado a la implementación de medidas de traffic calming. Caso de estudio: cámaras de detección electrónica de la ciudad de Barranquilla.

Valentina María Domínguez Cervantes

Karen Margarita Muñoz Montero

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Civil

Tutor:

Ing. Miguel Figueroa Loaiza

Cotutor:

Ing. Manuel Palacio Jaimes

Corporación Universidad de la Costa CUC

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Programa de Ingeniería Civil

Barranquilla, Colombia

2020

Nota de aceptación

Firma Presidente de Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

A DIOS

Por darme sabiduría y discernimiento para sacar este proyecto adelante, por llenarme de fortalezas y perseverancia para lograr cada objetivo que me he propuesto.

A MIS PADRES JUAN CARLOS DOMINGUEZ Y YASMIN CERVANTES

Que han sido mi guía y mi reflejo de vida, llenándome siempre de amor y fuerzas para seguir en la lucha juntos.

A MI HERMANAS MARIA ALEJANDRA Y VALERIE ROSA

Que siempre han sido mis compañeras de vida, y son la razón más hermosa de amor, unión y lealtad que tengo en mi vida.

A MIS ABUELOS Y ABUELAS

Que han sido mi compañía y mis mejores consejeros, que siempre han sido fuerza y motivación para alcanzar cada peldaño.

Valentina Domínguez Cervantes

Dedicatoria

A Dios, por ser mi sustento durante todo este proceso y porque estos años de carrera no hubiesen sido los mismos sin Él en mi vida.

A mis padres Humberto y Aracely por ser mi apoyo siempre, por los valores que me enseñaron y por todo el esfuerzo que hicieron para que hoy pueda alcanzar este logro.

A mis hermanos Carmelo y Ana Catalina, fueron la razón por la cual nunca me rendí y siempre estuvieron brindándome todo su apoyo.

A mis amigos y compañeros por haber hecho parte de este proceso, por su gran apoyo y ayudar a que esta meta se haya cumplido.

Karen Muñoz Montero

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por darme las fortalezas y sabiduría para culminar este proyecto tan importante para mí, por ser siempre luz en medio de la oscuridad y sobre todo por darme la oportunidad de cumplir mi máspreciado sueño.

A mis padres que han sido mi apoyo y ejemplo a seguir, por su gran amor y esfuerzo que me ha permitido alcanzar cada una de las metas que me he propuesto, por ser mi motivación para seguir siempre adelante, por ayudarme a vencer cada obstáculo que se presentara, por la educación y formación que me han dado haciendo de mí una mujer valiente y capaz.

A mis hermanas por ser mi mejor compañía y mi motivo de lucha, por llenarme de alegrías y ánimos para seguir alcanzando cada una de mis metas, por todos los momentos y aprendizajes que hemos tenido juntas que han sido de ayuda para alcanzar este objetivo.

A mi asesor de tesis, Ing. Miguel Figueroa por ser pieza clave en el desarrollo de este proyecto como también en mi crecimiento profesional, por sus grandes aportes que me llenaron de conocimientos, por su dedicación, compromiso y paciencia para lograr alcanzar este objetivo.

A Karen Muñoz por ser la amiga incondicional y tener siempre una buena disposición ante cualquier situación, por su compromiso, y dedicación con este proyecto, por acompañarme a vivir esta experiencia que nos deja grandes enseñanzas y un fuerte lazo amistoso que nos unió por un mismo objetivo.

A Sonia Acosta, Nashua González y Nefer Blanchar por su apoyo en cuanto a la toma de información de este proyecto.

Valentina Domínguez Cervantes

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por Su sabiduría derramada sobre mí y ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

Gracias a mis padres y hermanos por ser los principales motores de mis sueños, por confiar y creer en mí siempre, gracias por cada consejo y palabra de aliento que me dieron cuando sentía que no podía más durante este proceso.

A la Universidad de la Costa por haberme permitido formarme en ella como una ciudadana integral.

A Valentina por haber sido una buena amiga y compañera de tesis, por haber tenido paciencia durante todo este proceso, animarme en los momentos de desesperación y por todas las experiencias que tuvimos en el desarrollo de este proyecto y nuestra carrera.

Gracias Ingeniero Miguel Figueroa por creer en Valentina y en mí, por habernos brindado la oportunidad de desarrollar nuestra tesis con usted, por su confianza y por todo lo que nos enseñó para poder lograr este objetivo.

A mis amigos por estar conmigo siempre, por confiar en mí y haber hecho de estos últimos años los mejores y por cada vivencia que tuvimos.

Por último, a nuestros amigos Nashua González, Nefer Blanchar y Sonia Acosta por su colaboración en la toma de información para la realización de este proyecto.

Karen Muñoz Montero

Resumen

Este estudio busca evaluar cual es la afectación que las medidas de Traffic Calming poseen sobre la operación de las vías en la ciudad de Barranquilla; cada medida obtiene porcentajes diferentes de reducción de velocidad de acuerdo con sus características geométricas y ubicaciones. El caso de estudio se desarrolló específicamente en las cámaras de detección electrónica. La toma de información se realizó en 4 puntos de la ciudad con alto flujo vehicular donde se encuentran ubicadas las cámaras de detección de velocidad. Factores como el número de vehículos y la velocidad fueron considerados para la realización de este estudio. En este estado de desarrollo se enmarca el presente proyecto, con el objeto de estimar modelos de relación flujo-velocidad en los corredores de estudio para el análisis de reducción de velocidad sobre la eficiencia y capacidad de la vía. El modelo de Greenshields fue el aplicado para la estimación de la capacidad vial, con el cual a través de las relaciones velocidad-densidad y flujo-densidad se busca saber cómo afectan la implementación de cámaras de detección a la operación del tránsito; al graficar y comparar estas relaciones obtuvimos que en los casos con presencia de cámara la operación de la vía se ve afectada de una manera significativa disminuyendo la capacidad efectiva.

Palabras clave: Traffic Calming, flujo vehicular, velocidad, cámaras de detección, capacidad vial

Abstract

This study seeks to evaluate the effect that Traffic Calming measures have on the operation of roads in the city of Barranquilla; each measure obtains different percentages of speed reduction according to their geometric characteristics and locations. The case study was specifically developed on electronic detection cameras. Information was collected at 4 points in the city with high vehicle flow where the speed detection cameras are located. Factors such as the number of vehicles and the speed were considered for this study. The present project is framed in this state of development, with the objective of estimating flow-speed relationship models in the study corridors for speed reduction analysis on the efficiency and capacity of the road. The Greenshields model was applied for the estimation of the road capacity, with which through the relations speed-density and flow-density it is sought to know how the implementation of detection cameras affect the traffic operation; when graphing and comparing these relations we obtained that in the cases with presence of camera the operation of the road is affected in a significant way diminishing the effective capacity.

Keywords: Traffic Calming, vehicle flow, speed, detection cameras, road capacity

Contenido

Lista de tablas y figuras	12
Introducción	17
Planteamiento del problema.....	19
Justificación	19
Objetivos	20
Objetivo general:	20
Objetivos específicos:	20
Estado del arte	21
Marco de referencia	23
Contextualización.....	23
Marco teórico – conceptual	25
Velocidad.....	25
Velocidad de punto.....	25
Densidad	25
Modelo básico del flujo vehicular	25
Modelos microscópicos	25
Modelos macroscópicos	25
Metodología	32
Localización.	32

Descripción del proyecto.....	33
Información primaria:	33
Caracterización física de las zonas de estudio:.....	33
Volúmenes Vehiculares	34
Metodología para toma de aforos vehiculares.....	35
Metodología toma de velocidad por el método de radar	38
Toma de velocidades	40
Análisis estadístico.....	48
Resultados y análisis	55
Conclusiones	82
Recomendaciones	83
Referencias.....	84
Anexos	86

Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1 descripción de corredores a estudiar y sus características	34
Tabla 2 Codificación de los Movimientos Vehiculares en Intersecciones	36
Tabla 3 Periodos de aforo según el corredor e intersección.....	37
Tabla 4 Formato registro de velocidades.	39
Tabla 5 Datos registrados en la carrera 53 con calle 106 en la cámara de detección de velocidad (mañana).	40
Tabla 6 Datos registrados en la carrera 53 con calle 106 en la cámara de detección de velocidad (tarde).	40
Tabla 7 Datos registrados en la carrera 53 con calle 106 a metros de la cámara de detección de velocidad (mañana).	41
Tabla 8 Datos registrados en la carrera 53 con calle 106 a metros de la cámara de detección de velocidad (tarde).	41
Tabla 9 Datos registrados en la vía 40 con calle 73 en la cámara de detección de velocidad (mañana).	42
Tabla 10 Datos registrados en la vía 40 con calle 73 en la cámara de detección de velocidad (mañana).	42
Tabla 11 Datos registrados en la vía 40 con calle 73 a metros de la cámara de detección de velocidad (mañana).	43
Tabla 12 Datos registrados en la vía 40 con calle 73 a metros de la cámara de detección de velocidad (tarde).	43

Tabla 13 Datos registrados en la carrera 53 con calle 85 en la cámara de detección de velocidad (mañana).	44
Tabla 14 Datos registrados en la carrera 53 con calle 85 en la cámara de detección de velocidad (tarde).	44
Tabla 15 Datos registrados en la carrera 53 con calle 85 a metros de la cámara de detección de velocidad (mañana).	45
Tabla 16 Datos registrados en la carrera 53 con calle 85 a metros de la cámara de detección de velocidad (tarde).	45
Tabla 17 Datos registrados en la carrera 51B con calle 102 en la cámara de detección de velocidad (mañana).	46
Tabla 18 Datos registrados en la carrera 51B con calle 102 en la cámara de detección de velocidad (tarde)	46
Tabla 19 Datos registrados en la carrera 51B con calle 102 a metros de la cámara de detección de velocidad (mañana).	47
Tabla 20 Datos registrados en la carrera 51B con calle 102 a metros de la cámara de detección de velocidad (tarde).	47
Tabla 21 Parámetros estadísticos carrera 53 con calle 106.	48
Tabla 22 Parámetros estadísticos vía 40 con calle 73.	50
Tabla 23 Parámetros estadísticos carrera 53 con calle 85.	51
Tabla 24 Parámetros estadísticos carrera 51B con calle 102.	53
Tabla 25 Velocidad, flujo y densidad carrera 53 con calle 106, con cámara.	55
Tabla 26 Densidad y flujo carrera 53 con calle 106, con cámara.	56
Tabla 27 Parámetros modelo lineal carrera 53 con calle 106, con cámara.	57

Tabla 28 Velocidad, flujo y densidad carrera 53 con calle 106, sin cámara.....	57
Tabla 29 Densidad y flujo carrera 53 con calle 106, sin cámara.	58
Tabla 30 Parámetros modelo lineal carrera 53 con calle 106, sin cámara.	59
Tabla 31 Velocidad, flujo y densidad vía 40 con calle 73, con cámara.....	61
Tabla 32 Densidad y flujo vía 40 con calle 73, con cámara	62
Tabla 33 Parámetros modelo lineal vía 40 con calle 73, con cámara.	63
Tabla 34 Velocidad, flujo y densidad vía 40 con calle 73, sin cámara.	64
Tabla 35 Densidad y flujo vía 40 con calle 73, sin cámara	65
Tabla 36 Parámetros modelo lineal vía 40 con calle 73, sin cámara.	66
Tabla 37 Velocidad, flujo y densidad carrera 53 con calle 85, con cámara.	68
Tabla 38 Densidad y flujo carrera 53 con calle 85, con cámara.	69
Tabla 39 Parámetros modelo lineal carrera 53 con calle 85, con cámara.	70
Tabla 40 Velocidad, flujo y densidad carrera 53 con calle 85, sin cámara.....	71
Tabla 41 Densidad y flujo carrera 53 con calle 85, sin cámara.	72
Tabla 42 Parámetros modelo lineal carrera 53 con calle 85, sin cámara.	73
Tabla 43 Velocidad, flujo y densidad carrera 51B con calle 102, con cámara.	75
Tabla 44 Densidad y flujo carrera 51B con calle 102, con cámara.	76
Tabla 45 Parámetros modelo lineal carrera 51B con calle 102, con cámara.	77
Tabla 46 Velocidad, flujo y densidad carrera 51B con calle 102, sin cámara.	77
Tabla 47 Densidad y flujo carrera 51B con calle 102, sin cámara.	78
Tabla 48 Parámetros modelo lineal carrera 51B con calle 102, sin cámara	79

Figuras

Figura 1 Mapa división política departamento del Atlántico.....	24
Figura 2 Relación lineal entre velocidad y densidad.	26
Figura 3 Relación parabólica entre el flujo y la densidad.....	28
Figura 4 Modelo logarítmico para flujo vehicular.	30
Figura 5 Modelo exponencial del flujo vehicular.	31
Figura 6 Localización del Proyecto.	32
Figura 7 Localización de los puntos a evaluar.....	33
Figura 8 Representación esquemática de los movimientos vehiculares en intersecciones.....	36
Figura 9 Formato para la toma de información de aforos vehiculares.	38
Figura 10 Velocidad vs hora en ambos escenarios (mañana) en la carrera 53 con calle 106.	49
Figura 11 Velocidad vs hora en ambos escenarios (tarde) en la carrera 53 con calle 106.	49
Figura 12 Velocidad vs hora en ambos escenarios (mañana) en la vía 40 con calle 73.	50
Figura 13 Velocidad vs hora en ambos escenarios (tarde) en la vía 40 con calle 73.....	51
Figura 14 Velocidad vs hora en ambos escenarios (mañana) en la carrera 53 con calle 85.	52
Figura 15 Velocidad vs hora en ambos escenarios (tarde) en la carrera 53 con calle 85.	52
Figura 16 Velocidad vs hora en ambos escenarios (mañana) en la carrera 51B con calle 102. ...	53
Figura 17 Velocidad vs hora en ambos escenarios (tarde) en la carrera 51B con calle 102.....	54
Figura 18 Relación velocidad – densidad, escenario con cámara.....	57
Figura 19 Relación velocidad – densidad, escenario sin cámara.....	60
Figura 20 Relación flujo – densidad, ambos escenarios.	60
Figura 21 Relación velocidad – densidad, escenario con cámara.....	64
Figura 22 Relación velocidad – densidad, escenario sin cámara.....	67

Figura 23 Relación flujo – densidad, ambos escenarios.	67
Figura 24 Relación velocidad – densidad, escenario con cámara.....	71
Figura 25 Relación velocidad – densidad, escenario sin cámara.....	74
Figura 26 Relación flujo – densidad, ambos escenarios.	74
Figura 27 Relación velocidad – densidad, escenario con cámara.....	77
Figura 28 Relación velocidad – densidad, escenario sin cámara.....	80
Figura 29 Relación flujo – densidad, ambos escenarios.	80

Introducción

Las Traffic Calming son un conjunto de medidas para la modelación del tráfico vehicular, estas tienen como objetivo disminuir el número y la severidad de los accidentes de tránsito y a la vez reducir la velocidad de los vehículos; generalmente son utilizadas en zonas con alta densidad de viviendas e intenso flujo de movilidad. Las principales medidas de Traffic Calming son: desplazamiento del eje de las vías, bloqueo parcial de cruces, glorietas, cámaras de detección de velocidad, entre otras.

Estas son prácticas que se han implementado en los países desarrollados para la disminución del tráfico teniendo como objetivo la reducción de la frecuencia de los accidentes sabiendo que disminuye el flujo de tráfico y la reducción de la velocidad de los vehículos que transitan en el área donde se encuentran. (García, Torres, Romero, & Moreno, 2011)

Dentro de los elementos utilizados para Traffic Calming, estudiaremos el caso de cámaras de detección, estos dispositivos tienen la capacidad de detectar de manera electrónica los excesos de velocidad, los cruces de semáforo en rojo, las infracciones al pico y placa, la vigencia del SOAT y la revisión técnico-mecánica. Estas infracciones son detectadas a través de radares y dispositivos con cámaras y sensores que capturan fotos y videos

Para la instalación de las cámaras, el área técnica del tránsito realiza estudios y evaluaciones en los que se tienen en cuenta aspectos como la velocidad, la accidentalidad, volumen vehicular, volumen peatonal y geometría de vías. Teniendo en cuenta que estos dispositivos serán instalados en lugares donde represente riesgo de accidente, su ubicación deberá contar con la señalización pertinente a mínimo 500 metros de distancia, cabe resaltar que estos dispositivos deben estar debidamente calibrados. (Hoz, 2017)

Desde el año 2018 quedó establecido que solo funcionarían en el País las cámaras de fotomultas autorizadas por el Ministerio de Transporte, indicando que estas son herramientas tecnológicas fundamentales para la disminución de la siniestralidad vial identificando los vehículos infractores y generando comparendos las 24 horas de los 7 días de la semana; la velocidad máxima permitida en zonas escolares y hospitalarias en Barranquilla es de 30km/h. (Contreras, 2018)

Las cámaras de detección se encuentran ubicadas en 43 puntos de la ciudad, vigilan y controlan distintas zonas críticas con el fin de disminuir la accidentalidad, proteger a los peatones, estudiantes e inspeccionar la velocidad de los vehículos.

Los accidentes en la ciudad han disminuido desde la instalación de cámaras de detección electrónica, esta se redujo en un promedio del 52% en los lugares donde fue implementado este sistema. (Heraldo, 2014)

Planteamiento del problema

Las medidas de Traffic Calming, son aquellas intervenciones que se hacen para afectar la operación de tramos viales con el objetivo de disminuir las velocidades de operación y generar mayor seguridad vial a los usuarios vulnerables de los sistemas de transporte (peatón, ciclista, entre otros). A pesar de que las medidas de Traffic Calming, poseen múltiples beneficios como la disminución de las tasas de accidentalidad, se desconoce el impacto que estas poseen sobre la operación de las vías. Ante esta situación nacen muchos interrogantes sobre los criterios de decisión para la implementación de medidas, sobre todo aquellas que penalizan al usuario como lo son las cámaras de detección de velocidad. Por los motivos explicados anteriormente, nacen interrogantes como ¿Cuál es el impacto que genera las medidas de Traffic Calming en la capacidad de las vías? ¿Son correctos los criterios a partir de los cuales se toma la decisión de implementar estas medidas de Traffic Calming?

Justificación

Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muertes y lesiones en nuestro país, las tasas de accidentalidad en la ciudad de Barranquilla han ido disminuyendo con el pasar de los años, según la Secretaría de Tránsito y Seguridad Vial del Distrito en el año 2017 se presentaron 5358 accidentes en la ciudad disminuyendo un poco con respecto al 2016 donde se presentaron 5770 accidentes, Barranquilla es considerada la quinta ciudad con más accidentalidad en el país.

A través de la resolución 718 del 2018 se reglamentó la implementación de cámaras de fotomulta en el país y también los criterios técnicos para la instalación y colocación de medios tecnológicos para la detección de presuntas infracciones al tránsito; los criterios para la instalación y operación de cámaras de fotomulta deberán acreditar la necesidad de este teniendo

en cuenta al menos uno de los siguientes criterios: siniestralidad, prevención, movilidad e historial de infracciones. En la ciudad de Barranquilla actualmente hay 43 puntos de fiscalización electrónica autorizados por la Secretaría de Tránsito y Seguridad Vial del Distrito.

Objetivos

Objetivo general:

Evaluar el efecto que tienen las medidas de Traffic calming tipo detección electrónica para control de velocidad en la capacidad vehicular de las vías.

Objetivos específicos:

- Determinar los volúmenes vehiculares en corredores donde haya medidas de Traffic Calming tipo detección electrónica.
- Estimar modelos de relación flujo-velocidad en los corredores en estudio de la ciudad de Barranquilla.
- Calcular la capacidad efectiva de corredores donde exista la implementación de cámaras de detección electrónica de velocidad.

Estado del arte

La seguridad vial es un problema importante en todo el mundo, en las carreteras de la Unión Europea durante el año 2009 se presentaron más de 35.000 personas muertas y más de 1.500.000 resultaron heridas generando así un gran costo para la sociedad que se estima en 130 mil millones de euros aproximadamente. Es por ello que se adoptaron medidas de Traffic Calming en las zonas urbanas de la ciudad de Burgos (España) para mostrar la eficacia en la reducción de velocidad en secciones de calles con diferentes tipos de medidas de Traffic Calming. Para la metodología utilizada en este estudio se realizaron mediciones de campo en diferentes secciones de calles con este tipo de medidas y se compararon con las tomadas en calles urbanas de características similares, pero sin medidas de Traffic Calming; las medidas de velocidad de los vehículos fueron controladas con radares de velocidad y en los resultados obtenidos se identificó que las medidas donde se vieron mejoras en la reducción de velocidad fueron el cruce peatonal elevado y estrechamiento de carril. (Hernán Gonzalo-Orden, 2016)

En otras investigaciones (Hernán Gonzalo-Ordena, 2018) se compararon medidas de Traffic Calming en varias secciones de calles de las ciudades de Bilbao, Burgos, León y Vitoria (España) para analizar el impacto de estas en la reducción de velocidad de los vehículos. Las medidas de Traffic Calming seleccionadas fueron cruces peatonales elevados, estrechamiento de carriles, señales de cámaras de velocidad de radar y cámaras de velocidad de radar y estas debían comenzar en una intersección regulada por una rotonda, un semáforo o una señal de alto. Dentro de los resultados obtenidos se controlaron 9.994 vehículos en las secciones de calle descritas y se concluyó que las medidas de Traffic Calming son necesarias en las áreas urbanas de estas ciudades para reducir la velocidad del tráfico, los volúmenes y la probabilidad de muerte en peatones.

Para evaluar los efectos de las medidas de Traffic Calming, estudiantes de la Universidad de Valencia, España realizaron un estudio de micro simulación con el objetivo de determinar los efectos que causan las medidas de reducción de tráfico vertical implementadas en carreteras de cruce en su capacidad y rendimiento de operación, utilizando el software VISSIM 5.1 obteniendo como resultados que la implementación de dispositivos para calmar el tránsito reducen la capacidad de las vías que atraviesan la ciudad. (García, Torres, Romero, & Moreno, 2011).

(Bains, Bhardwaj, Arkatkar, & Velmurugan, 2013) dentro de un caso de estudio realizado en la India dado al mal comportamiento de los vehículos dentro de las autopistas se decidió hacer un estudio con el objetivo de evaluar como es el cambio en la capacidad de la carretera al colocar restricciones dentro de esta, empleando modelos de micro simulación siendo uso del software VISSIM haciendo uso de información recolectada dentro de cada tramo tales como flujos vehiculares, velocidades. Dentro de los principales resultados que se obtuvieron, se destaca que el cumplimiento del conductor para un determinado nivel de velocidad hay un aumento en la capacidad de la carretera junto con una disminución en los tiempos de viaje a niveles de flujo cercanos a la capacidad.

Con el fin de crear un nuevo modelo que evalúe los niveles de servicio y la capacidad de las carreteras rurales de Egipto (Semeida, 2013) se ejecutó una investigación para conocer cuáles eran los factores que afectaban el nivel de servicio de las vías, esto mediante toma de velocidades de los vehículos en días laborales utilizando una pistola de radar, llegando a la conclusión de que la capacidad de la carretera cambia significativamente con el cambio en la composición del volumen vehicular, el ancho de la carretera, la geometría de esta, la magnitud de la actualización y su longitud.

(Ana Tsui Moreno, 2012) desarrollaron una metodología que utilizara perfiles de velocidad continuos para evaluar la efectividad de la seguridad de las medidas de Traffic Calming en carreteras transversales (características por su volumen de tráfico promedio entre 500 y 8000 vehículos por día), la evaluación de la calidad del diseño se basó en dos medidas sustitutivas que representaban la uniformidad de velocidad acumulada y la velocidad acumulada a lo largo de la carretera con medida de Traffic Calming. En este estudio se encontró que la que la relación entre la velocidad de operación promedio y la uniformidad de velocidad acumulada no es estadísticamente significativa en las carreteras de cruce con espacios similares a los óptimos.

Marco de referencia

Contextualización

El departamento del Atlántico se encuentra ubicado en la región Caribe al norte de Colombia con una extensión total de 3.386km², esta área representa el 0.29% de la extensión total del país después de San Andrés y Providencia y el Quindío. Limita por el norte y noreste con el mar Caribe, en una extensión aproximada de 90 Km; desde el rompeolas occidental en Bocas de Ceniza, hasta las salinas de Galerazamba. Al este, con el río Magdalena, en una longitud de 105 Km, contados desde su desembocadura en Bocas de Ceniza hasta el desprendimiento del Canal del Dique en Calamar; al sur, suroeste y oeste con el departamento de Bolívar desde Calamar hasta las Salinas de Galerazamba (Atlántico, 2014)



Figura 1 Mapa división política departamento del Atlántico
Fuente: sitio web de la Gobernación del Atlántico

Marco teórico – conceptual

Velocidad

Es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h). (Cal y Mayor, 1994).

Velocidad de punto

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina *velocidad instantánea*. (Cal y Mayor, 1994).

Densidad

Es el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vía en un momento dado, se expresa generalmente en vehículos por kilómetro (veh/km) (Cal y Mayor, 1994).

Modelo básico del flujo vehicular

Para analizar las características del flujo vehicular a través de sus tres principales variables (flujo, velocidad, densidad) se utiliza la fórmula general:

$$q = vk \quad (\text{Ecu. 1})$$

Modelos microscópicos

Consideran los espaciamientos y las velocidades individuales de los vehículos con base a la teoría del seguimiento vehicular. (Cal y Mayor, 1994)

Modelos macroscópicos

Describen la operación vehicular en términos de las variables de flujo, generalmente tomadas como promedios. (Cal y Mayor, 1994)

✓ Modelo lineal (Greenshields)

Este estudio relaciona la velocidad y la densidad. Utilizando un conjunto de datos (k, v) , para diferentes condiciones del tránsito, (Greenshields, 1935) propuso una relación lineal entre la velocidad v y la densidad k , que, mediante el ajuste por el método de los mínimos cuadrados, se llega al modelo lineal siguiente:

$$\bar{v}_e = v_l - \left(\frac{v_l}{k_c} \right) * k \quad (\text{Ecu. 2})$$

Donde:

\bar{v}_e = velocidad media espacial (km/h)

k = densidad (veh/km/carril)

v_l = velocidad media espacial a flujo libre (km/h)

k_c = densidad de congestionamiento (veh/km/carril)

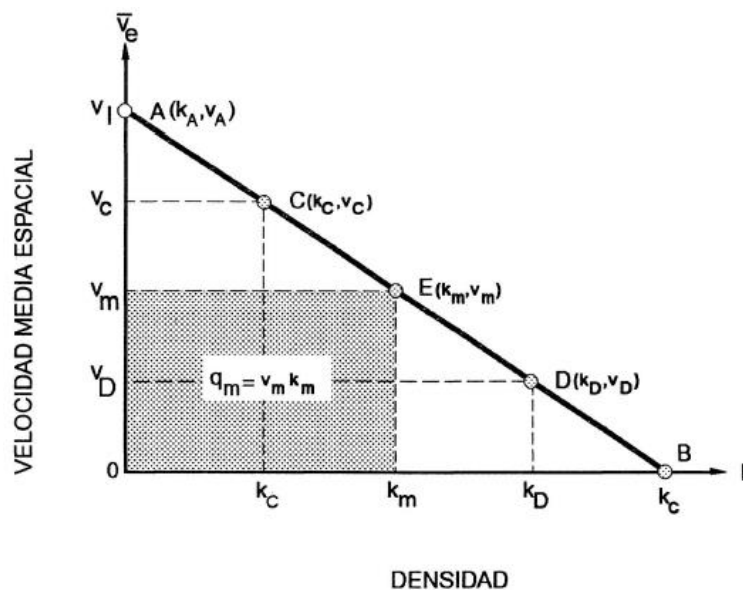


Figura 2 Relación lineal entre velocidad y densidad.

Fuente: Ingeniería de tránsito, fundamento y aplicaciones.

En general, la velocidad disminuye a medida que aumenta la densidad, desde un valor máximo a flujo libre v_l (punto A), hasta un valor mínimo $v_e = 0$ (punto B) donde la densidad alcanza su máximo valor o de congestionamiento k_c .

En la práctica, la densidad nunca toma el valor de cero, es decir, que para que exista velocidad a flujo libre, debe presentarse al menos un vehículo sobre la calle circulando a esa velocidad. Esta condición daría una densidad muy baja, ya que los pocos vehículos circulan libremente a la velocidad máxima o límite establecida para la vialidad. En el otro extremo, al presentarse congestionamiento, los vehículos están detenidos uno tras otro. (Cal y Mayor, 1994)

El flujo q se puede representar en el diagrama velocidad-densidad, a través de la ecuación fundamental $q = vk$, donde para cualquier punto sobre la recta de coordenadas (k, v) , el producto vk es el área de un rectángulo cuya base es la densidad k y cuya altura es la velocidad v . Así, por ejemplo, para los puntos C y D, los flujos asociados a las densidades y velocidad correspondientes son:

$$q_c = v_c k_c \quad (\text{Ecu. 3})$$

$$q_D = v_D k_D \quad (\text{Ecu. 4})$$

El rectángulo de área máxima corresponde al punto E, que está ubicado exactamente en la mitad de la recta. Su área, sombreada en la figura 2, representa el flujo máximo, q , el cual se obtiene para los valores siguientes de v_m y k_m :

$$v_m = \frac{v_l}{2} \quad (\text{Ecu. 5})$$

$$k_m = \frac{k_l}{2} \quad (\text{Ecu. 6})$$

Por lo tanto, el flujo máximo es:

$$q_m = v_m k_m \quad (\text{Ecu. 7})$$

O lo que es lo mismo:

$$q_m = \frac{v_l k_c}{4} \quad (\text{Ecu. 8})$$

La relación entre el *flujo* q y la *densidad* k , se obtiene reemplazando la ecuación 1 en la ecuación fundamental 2, así:

$$\begin{aligned} q &= vk = \left[v_l - \left(\frac{v_l}{k_c} \right) k \right] k \\ &= v_l k - \left(\frac{v_l}{k_c} \right) k^2 \end{aligned} \quad (\text{Ecu. 9})$$

Esta ecuación expresa al flujo q como una función parabólica de la densidad k . Por lo tanto, la forma de la curva, mostrada en la figura 3, es la de una parábola.

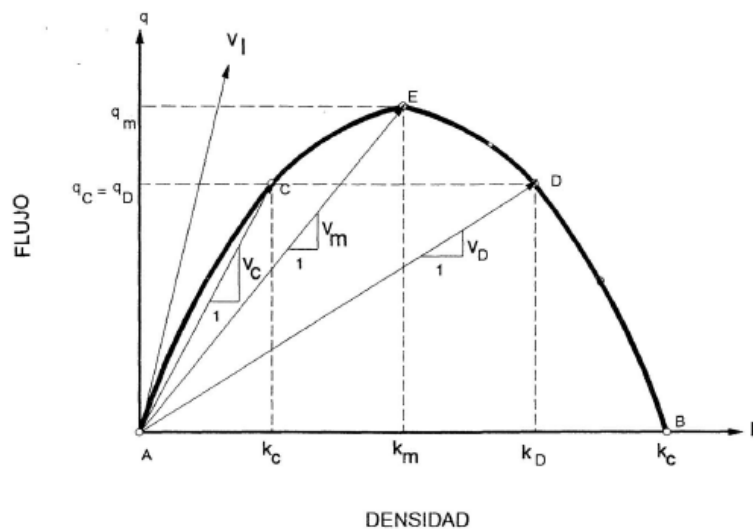


Figura 3 Relación parabólica entre el flujo y la densidad.
Fuente: Ingeniería de tránsito, fundamento y aplicaciones

✓ Modelo logarítmico (Greenberg)

(Greenberg, 1959) combina las ecuaciones de movimiento y continuidad de los fluidos compresibles y, al aplicarlas al flujo vehicular, obtiene las siguientes relaciones:

$$\bar{v}_e = v_m \ln\left(\frac{k_c}{k}\right) \quad (\text{Ecu. 10})$$

$$q = v_m k \ln\left(\frac{k_c}{k}\right) \quad (\text{Ecu. 11})$$

Este modelo da buenos ajustes, especialmente en flujos congestionados, pero no funciona muy bien a bajas densidades, como puede observarse en la ecuación 10, debido a que cuando k tiende a cero la velocidad se hace tan grande que puede llegar a ser infinita, que sería la condición a flujo libre. Por lo tanto, los parámetros del modelo son la velocidad a flujo máximo v_m y la densidad de congestionamiento k_c , los cuales deben ser especificados, pues a partir de ellos se determinan otras características del flujo vehicular en estudio. Para condiciones de flujo máximo:

$$\bar{v}_e = v_m \quad \text{y} \quad k = k_m$$

Reemplazando la velocidad y la densidad a flujo máximo en la ecuación 10, se tiene:

$$v_m = v_m \ln\left(\frac{k_c}{k_m}\right)$$

$$\ln\left(\frac{k_c}{k_m}\right)=1$$

De donde:

$$k_m = \frac{k_c}{e} \quad (\text{Ecu. 12})$$

Donde $e = 2.718282$

Por lo tanto, el flujo máximo q_m o capacidad es:

$$q_m = v_m k_m = \frac{v_m k_c}{e} \quad (\text{Ecu. 13})$$

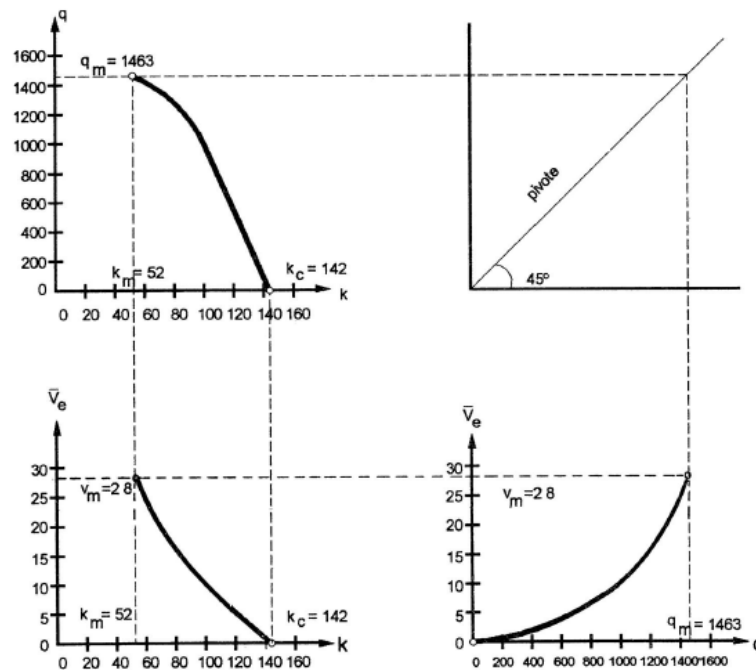


Figura 4 Modelo logarítmico para flujo vehicular.
Fuente: Ingeniería de tránsito, fundamento y aplicaciones.

✓ Modelo exponencial (Underwood)

(Underwood, 1961) propuso un modelo exponencial para flujos no congestionados dado por las siguientes ecuaciones:

$$\bar{v}_e = v_l * e^{-k/km} \quad (\text{Ecu. 14})$$

$$q = v_l * k * e^{-k/km} \quad (\text{Ecu. 15})$$

Este modelo no representa la velocidad igual a cero para altas densidades, que sería la condición de congestionamiento, razón por la cual los parámetros del modelo son la densidad a flujo máximo km y la velocidad a flujo libre v_l . Para condiciones de flujo máximo (km , vm), la ecuación 14 se convierte en:

$$v_m = v_l * e^{-km/km} \quad (\text{Ecu. 16})$$

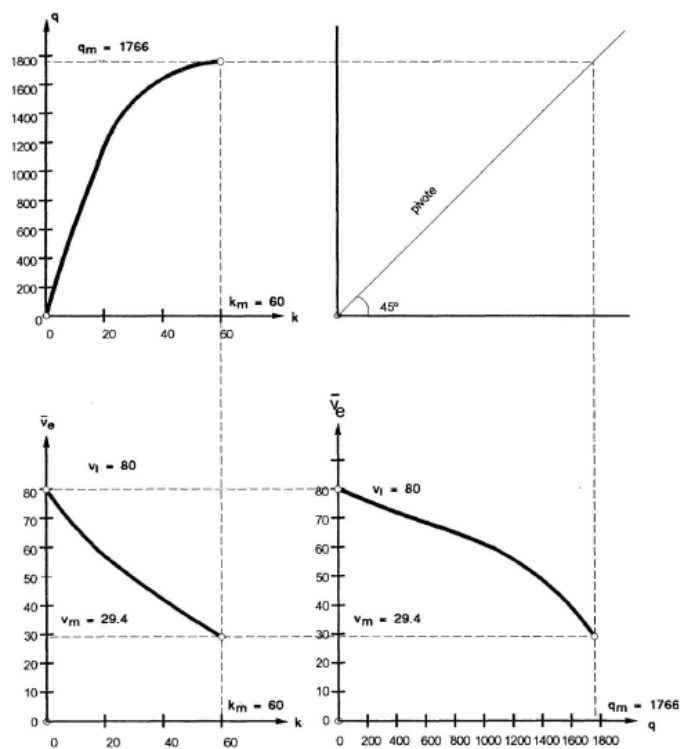


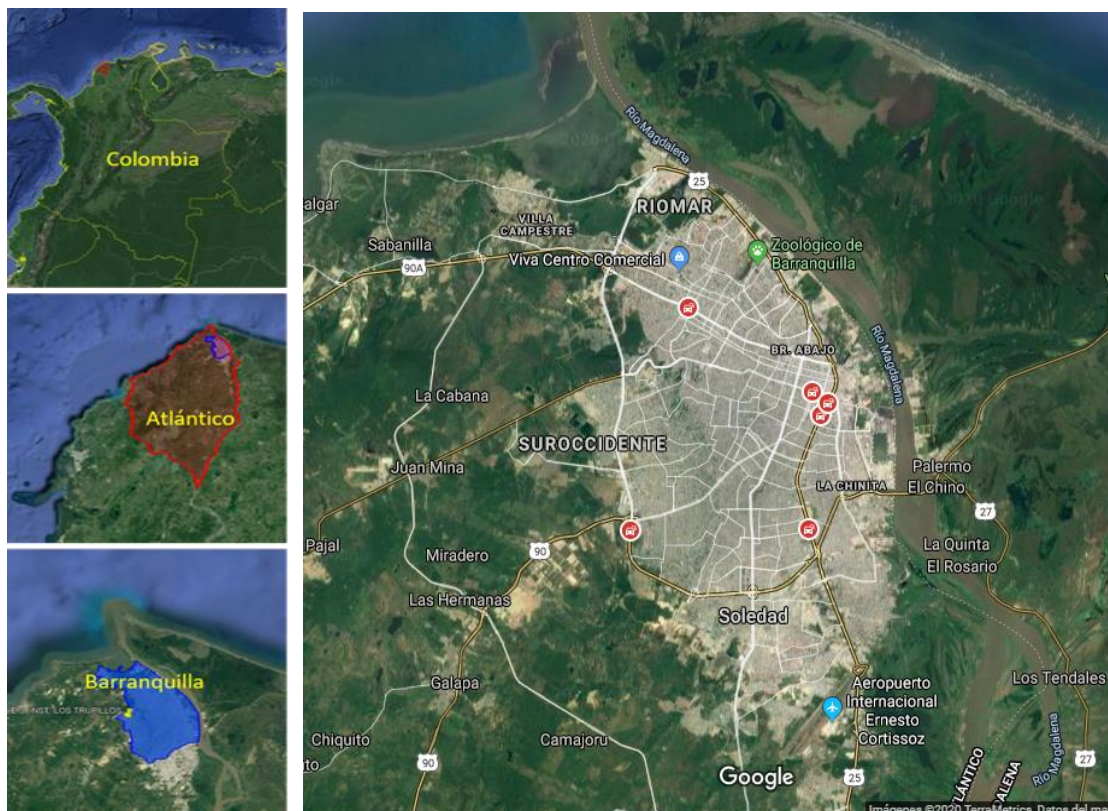
Figura 5 Modelo exponencial del flujo vehicular.

Fuente: Ingeniería de tránsito, fundamento y aplicaciones.

Metodología

Localización.

Barranquilla, oficialmente Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, es la capital del departamento del Atlántico. Está ubicada sobre la margen occidental del río Magdalena a 7,5 km de su desembocadura en el mar Caribe. Es el principal centro económico de la Región Caribe de Colombia, entre las actividades económicas destacan el comercio y la industria. La población de Barranquilla es de 1,223.967 personas, lo que la convierte en la cuarta ciudad más poblada del país detrás de Bogotá, Medellín y Cali. La ciudad es el núcleo del Área Metropolitana de Barranquilla, la cual está constituida además por los municipios de Soledad, Malambo, Galapa y Puerto Colombia.



*Figura 6 Localización del Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.*

Descripción del proyecto

El proyecto a desarrollar consiste en evaluar la capacidad vial en puntos de interés donde se encuentran ubicadas cámaras de detección electrónica en la ciudad de Barranquilla, en el cual se escogió 4 zonas con alta densidad de riesgo de accidentalidad e intenso flujo de movilidad.

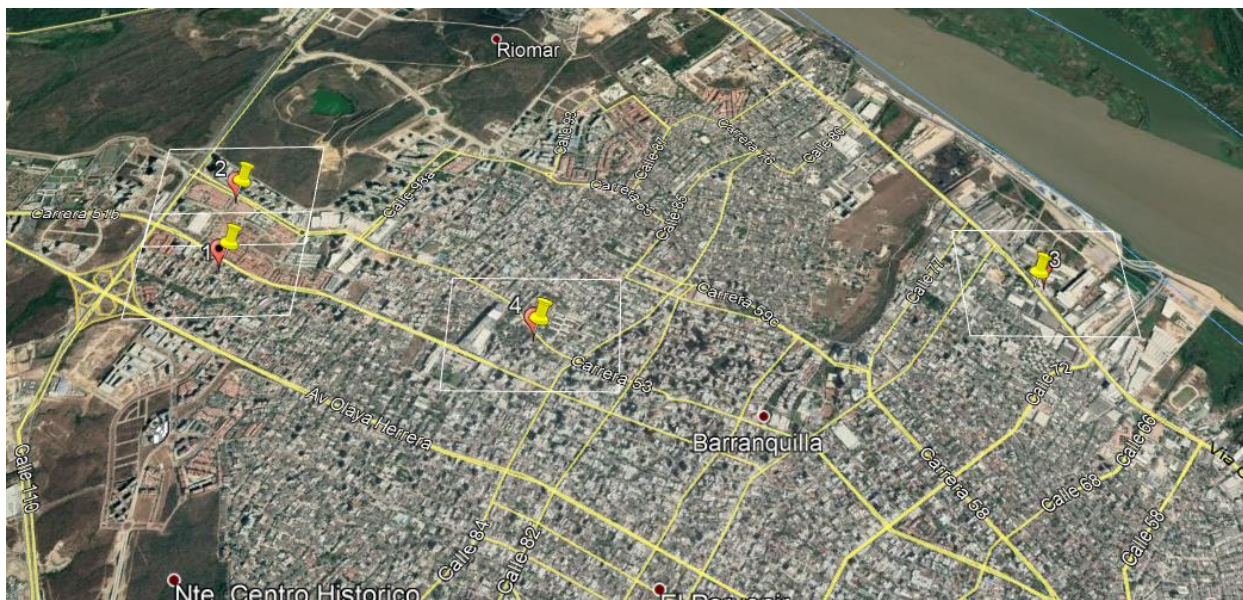


Figura 7 Localización de los puntos a evaluar.

Fuente: Google Earth.

Información primaria:

El desarrollo del proyecto corresponde a todas aquellas actividades de trabajo de campo, programado, organizado y realizado por el equipo de trabajo, esto nos permitirá caracterizar y conocer las zonas para el cumplimiento del objetivo de estudio. Por esto, es necesario conocer la siguiente información primaria registrada dentro del área de influencia de este.

Caracterización física de las zonas de estudio:

Características generales físicas de los tramos viales que hacen parte del proyecto tales como señalización, sentidos viales, pasos peatonales, estados de andenes y vías. En la siguiente tabla se realiza una breve descripción de los puntos de interés para toma de información:

Tabla 1

Descripción de corredores a estudiar y sus características.

Punto toma información	Corredor	Descripción
1	Carrera 51b con calle 102	Vía secundaria, zona residencial y comercial. Tanto la vía como la señalización horizontal y vertical se encuentran en buen estado.
2	Carrera 53 con calle 106	Vía secundaria, zona residencial y comercial. La vía y andenes se encuentran agrietados, sin embargo la señalización vertical y horizontal se encuentra en buen estado
3	Vía 40 con calle 73	Vía secundaria, zona comercial y industrial. La vía y andenes se encuentran agrietados, la señalización vertical y horizontal se encuentra en estado regular.
4	Carrera 53 con calle 85	Vía secundaria, zona escolar y comercial. La vía y andenes se encuentran agrietados, la señalización vertical y horizontal se encuentra en estado regular.

Fuente: elaboración propia.

Volúmenes Vehiculares

Este estudio tiene como objetivo registrar el número de vehículos que pasan por un punto estableciendo el tipo de vehículo, de acuerdo con el sentido del flujo y tipo de movimiento (directo, giros a izquierda o derecha).

Los corredores o intersecciones en donde se tomará información durante 12 horas, en el horario de 7:00 a.m. a 7:00 p.m.

Metodología para toma de aforos vehiculares

El objetivo principal de la toma de información para el desarrollo de este estudio es registrar volúmenes vehiculares y velocidades en los corredores e intersecciones propuestas para toma de información primaria, con el objeto de identificar las características de volúmenes y comportamiento del tránsito en los sitios donde se realizará la evaluación operacional de la influencia de las cámaras de velocidad en la capacidad de las vías.

Planeación:

- Inicialmente, se realizará una visita a las diferentes intersecciones que se han determinado como estaciones de aforo.
- Luego se procede a observar la zona de estudio, y el estado de las vías, identificando sus movimientos vehiculares y tipos de vehículos que transitan.
- Luego se procede a visualizar la magnitud del tránsito por movimiento a fin de determinar el personal requerido y su ubicación para llevar a cabo la toma de información.
- Se cuantifica el número de aforadores por punto y se organizan los grupos requeridos por punto para coordinar la logística de acuerdo con los días que se requiere tomar la información y como se debe tomar.
- Los aforos de volúmenes vehiculares, y toma de velocidades se ejecutarán en los mismos periodos programados de 15min en hora pico.
- Se define la codificación y representación de los movimientos vehiculares que pueden presentarse en un corredor e intersección, con base en lo establecido en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte (para cada intersección se habrán identificado los movimientos que apliquen a cada una de ellas).

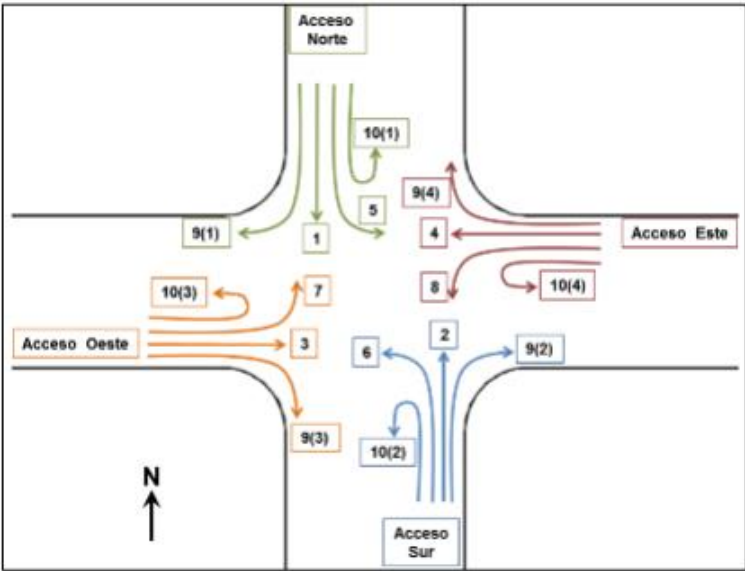


Figura 8 Representación esquemática de los movimientos vehiculares en intersecciones.
Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte.

Tabla 2
Codificación de los Movimientos Vehiculares en Intersecciones.

Acceso	Movimiento	Código
Norte	Directo	1
	Giro a izquierda	5
	Giro a derecha	9(1)
	Giro en U	10(1)
Sur	Directo	2
	Giro a izquierda	6
	Giro a derecha	9(2)
	Giro en U	10(2)
Oeste	Directo	3
	Giro a izquierda	7
	Giro a derecha	9(3)
	Giro en U	10(3)
Este	Directo	4
	Giro a izquierda	8
	Giro a derecha	9(4)
	Giro en U	10(4)

Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte.

Posteriormente, y con base en el tipo de estación de aforo, se establecen los periodos de aforo de acuerdo con la necesidad que tenga la zona, como se observa en la siguiente de la tabla:

Tabla 3

Periodos de aforo según el corredor e intersección.

Corredor e Intersección	Cantidad horas de aforo	Cantidad de días hábiles (Lunes a viernes)	Período de Aforo
Carrera 53 con calle 106	12h	1	7:00am – 7:00pm
Vía 40 con calle 73	12h	1	7:00am – 7:00pm
Carrera 53 con calle 85	12h	1	7:00am – 7:00pm
Carrera 51b con calle 102	12h	1	7:00am – 7:00pm

Fuente: elaboración propia.

Al programar la toma de información y llevar a cabo la actividad, los aforadores registraran en sus formatos de campo los datos principales como son: fecha, dirección, hora inicio, hora final, movimientos, nombre del aforador.

Posteriormente, se llevará a cabo el conteo de vehículos en general en periodos de 15 minutos por 12 horas, que ingresen al corredor o intersección de acuerdo con el acceso, el tipo de movimiento (derechas, izquierda) y el tipo de vehículo (bus, camión, auto, moto).

Los registros de conteos vehiculares se efectuarán en forma individual, por medio de una línea para cada vehículo, la clasificación vehicular según su tipo:

- Vehículos ligeros
- Microbús
- Buseta
- Bus
- Camión
- Bicicletas
- Motos

		ESTUDIO DE VOLUMENES VEHICULARES										FRM VEH 02	
		REVISION #											
Fecha (D.M.A):		Estación de Aforo:										Escala: 1:1000	
Condición Climática:		Movimiento Aforador:										N W E S	
Aforador:		Hora de Inicio: Hora de Final:											
Coordinador:													
PER	HOR	Vehículos ligeros	Micro-bus	Buseta	Bus	Camion	Motocarro	Carro-mulas	Bicicletas	Motos			

OB SERVACIONES

Figura 9 Formato para la toma de información de aforos vehiculares.
Fuente: Elaboración propia.

Metodología toma de velocidad por el método de radar

Planeación:

- Inicialmente se realiza la visita a la estación de aforo o punto de interés para nuestro estudio.
- Luego se observa la magnitud del tránsito en el corredor o intersección a fin de determinar el personal requerido y su ubicación para llevar a cabo la toma de información.
- La toma de velocidades se ejecutarán en los mismos periodos programados de 15min en hora pico.
- Se define y entrega un formato de registros de velocidades.

Datos

Toma de velocidades

Carrera 53 con calle 106

Tabla 5

Datos registrados en la carrera 53 con calle 106 en la cámara de detección de velocidad (mañana).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
AM	6:45 - 7:00	38	36	33	38	16	20	22	23	22	23	20	21	22	16	23	20	20	24	26	24	22.94
	7:00 - 7:15	18	24	22	24	25	37	19	18	34	17	22	31	36	34	22	24	21	25	34	19	23.82
	7:15 - 7:30	28	29	30	33	37	40	35	33	25	36	34	26	24	25	33	36	24	26	22	20	28.75
	7:30 - 7:45	29	34	32	41	35	25	39	29	32	30	27	31	31	37	43	30	32	36	41	42	33.05
	7:45 - 8:00	38	36	22	24	34	29	27	23	29	29	32	35	22	27	24	38	29	24	34	32	28.50
	8:00 - 8:15	41	39	22	25	30	36	33	35	38	25	33	29	31	30	38	40	42	37	51	32	33.05
	8:15 - 8:30	30	20	21	30	32	32	31	36	27	33	34	41	38	29	35	27	22	24	28	30	28.96
	8:30 - 8:45	34	23	32	21	33	38	36	40	25	31	25	38	30	33	29	24	26	25	31	28	29.16
	8:45 - 9:00	21	26	20	43	28	28	24	22	20	21	26	27	27	20	22	28	20	40	37	37	25.37
	9:00 - 9:15	31	25	29	35	37	23	29	23	35	21	29	37	29	30	32	38	23	24	28	37	28.79
	9:15 - 9:30	45	31	27	30	27	29	25	33	30	34	32	33	31	35	27	29	28	35	44	29	31.02
	9:30 - 9:45	27	26	32	43	32	30	28	33	30	32	25	33	26	36	28	26	33	31	29	31	30.07
	9:45 - 10:00	23	19	22	23	43	32	31	36	27	25	27	41	34	33	26	28	37	34	26	36	28.79
	10:00 - 10:15	27	32	31	41	45	32	35	39	22	25	21	43	45	29	24	33	34	36	21	34	30.68
	10:15 - 10:30	22	24	25	32	36	32	27	28	38	29	32	30	20	24	22	29	27	22	26	40	27.28
	10:30 - 10:45	23	26	27	20	29	24	26	35	34	32	31	29	24	19	21	24	26	29	24	20	25.39
	10:45 - 11:00	22	42	33	27	27	29	18	22	34	31	23	20	35	46	29	31	24	28	38	38	28.12
	11:00 - 11:15	36	22	24	41	38	25	34	28	26	23	31	41	26	34	38	36	20	29	32	29	29.35
	11:15 - 11:30	28	22	38	28	30	26	30	42	37	25	26	29	24	29	30	37	49	33	26	23	29.36
	11:30 - 11:45	25	28	29	22	29	32	31	25	21	35	19	22	27	32	31	23	45	34	39	35	27.86
	11:45 - 12:00	28	23	31	34	46	22	25	27	30	38	34	28	26	22	25	25	31	24	35	33	28.31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6

Datos registrados en la carrera 53 con calle 106 en la cámara de detección de velocidad (tarde).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
PM	1:00 - 1:15	26	24	27	32	30	26	28	27	43	29	32	35	22	34	29	28	31	29	40	38	29.69
	1:15 - 1:30	33	27	29	44	22	31	22	26	31	28	30	41	20	28	36	43	34	26	27	20	28.43
	1:30 - 1:45	27	40	31	29	22	31	25	37	20	25	34	36	29	21	18	44	27	32	34	37	28.34
	1:45 - 2:00	23	29	28	38	36	33	40	28	25	40	29	32	30	28	41	35	40	41	34	30	32.07
	2:00 - 2:15	26	25	30	24	30	25	32	29	36	41	45	28	20	29	34	30	32	44	31	29	29.83
	2:15 - 2:30	30	25	32	27	20	33	21	27	30	25	29	24	32	32	38	19	29	30	24	36	27.22
	2:30 - 2:45	27	24	20	22	26	24	21	31	23	46	31	35	29	32	30	27	21	28	31	30	26.84
	2:45 - 3:00	22	28	21	29	34	36	29	26	45	27	35	18	21	26	28	31	29	34	38	26	27.80
	3:00 - 3:15	33	44	37	21	24	23	30	31	36	26	25	27	23	28	17	42	24	27	30	29	27.40
	3:15 - 3:30	28	23	34	29	32	46	42	32	22	21	24	29	30	18	30	32	42	33	42	37	29.46
	3:30 - 3:45	32	21	25	26	20	28	29	27	35	30	33	35	29	24	26	20	30	35	31	36	27.70
	3:45 - 4:00	18	24	20	21	33	36	36	24	26	39	20	38	35	40	25	23	21	24	33	40	26.87
	4:00 - 4:15	21	19	33	21	17	32	31	38	49	25	33	44	30	17	20	19	23	26	32	24	25.32
	4:15 - 4:30	18	23	32	25	18	30	19	30	19	23	25	30	32	20	19	27	22	29	23	25	23.56
	4:30 - 4:45	38	29	27	19	24	22	24	19	26	24	23	24	37	18	22	21	33	24	27	22	24.18
	4:45 - 5:00	37	39	29	40	22	37	26	29	21	36	32	31	25	33	24	32	23	25	30	18	28.09
	5:00 - 5:15	20	27	19	20	21	29	20	29	31	19	34	34	19	23	21	26	24	28	32	19	23.71
	5:15 - 5:30	28	31	28	25	33	36	28	40	22	40	27	25	22	19	23	25	30	43	29	30	27.94
	5:30 - 5:45	28	26	36	34	21	29	27	38	25	19	23	31	24	31	43	43	32	33	22	28	28.23
	5:45 - 6:00	26	25	33	37	24	46	23	25	17	37	32	24	44	43	29	25	29	26	30	18	27.63
	6:00 - 6:15	23	28	24	22	24	33	40	20	26	31	40	29	27	18	20	21	28	30	29	31	25.99
	6:15 - 6:30	24	27	22	28	25	27	29	30	28	35	37	35	21	43	31	29	29	20	34	32	28.27
	6:30 - 6:45	22	18	20	22	30	32	27	29	31	37	24	27	29	23	17	24	34	20	22	21	24.35
	6:45 - 7:00	28	20	26	25	30	29	32	37	39	33	31	21	32	25	26	33	24	36	27	35	28.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Datos registrados en la carrera 53 con calle 106 a metros de la cámara de detección de velocidad (mañana).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vpromedio
AM	6:45 - 7:00	26	28	25	24	26	28	35	29	29	27	20	21	28	33	35	30	26	27	24	23	26.639
	7:00 - 7:15	29	36	30	31	26	43	31	36	35	30	31	23	29	28	27	32	45	30	23	27	30.221
	7:15 - 7:30	30	31	28	23	25	25	25	26	36	29	28	27	28	32	30	32	33	40	35	36	29.349
	7:30 - 7:45	27	30	27	35	31	32	27	28	19	26	26	26	30	35	33	35	24	30	30	28	28.366
	7:45 - 8:00	24	28	28	24	27	25	24	30	38	40	25	32	30	24	27	28	28	31	21	19	26.833
	8:00 - 8:15	20	30	26	27	38	25	30	28	28	28	32	23	34	28	24	34	25	29	30	31	27.908
	8:15 - 8:30	25	21	31	29	27	26	29	33	21	30	28	33	33	28	29	33	41	42	31	29	29.097
	8:30 - 8:45	30	30	34	30	27	45	53	49	29	30	28	26	25	30	31	24	23	32	42	32	30.913
	8:45 - 9:00	27	28	31	28	26	26	24	27	31	29	25	34	29	34	42	22	28	30	27	26	28.161
	9:00 - 9:15	21	27	26	27	42	25	30	31	30	37	39	23	33	21	34	31	28	24	22	24	27.658
	9:15 - 9:30	34	29	33	26	33	26	40	45	23	44	23	22	20	33	23	29	28	25	36	46	29.100
	9:30 - 9:45	24	27	26	33	22	24	33	40	23	26	32	31	26	37	29	23	25	27	26	34	27.636
	9:45 - 10:00	27	28	29	36	26	28	28	32	35	26	29	32	24	30	29	29	31	34	26	30	29.140
	10:00 - 10:15	45	36	23	26	39	29	24	33	43	30	38	30	28	29	30	25	45	34	42	29	31.559
	10:15 - 10:30	32	49	36	27	26	21	23	35	27	20	20	37	23	39	30	28	29	34	42	20	27.990
	10:30 - 10:45	25	23	33	32	26	24	38	45	31	24	30	25	25	26	25	30	31	27	37	40	28.815
	10:45 - 11:00	30	29	32	42	35	39	36	28	33	31	31	30	41	29	54	26	34	30	23	28	31.922
	11:00 - 11:15	29	27	27	28	35	36	33	42	39	42	25	23	29	23	28	21	20	33	25	31	28.510
	11:15 - 11:30	24	25	24	23	24	29	47	24	27	23	24	35	45	35	30	31	29	33	25	45	28.569
	11:30 - 11:45	26	30	25	29	30	30	35	42	26	36	37	41	32	34	20	28	32	38	31	35	30.876
	11:45 - 12:00	26	29	30	27	28	36	30	24	30	23	30	26	30	26	30	27	26	30	25	29	27.822

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Datos registrados en la carrera 53 con calle 106 a metros de la cámara de detección de velocidad (tarde).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
PM	1:00 - 1:15	33	30	30	36	29	30	25	21	27	23	42	28	29	43	30	37	27	31	36	41	30.313
	1:15 - 1:30	24	30	26	37	25	37	25	27	30	28	31	32	25	28	45	49	37	28	30	20	29.346
	1:30 - 1:45	23	31	24	26	50	43	48	30	29	21	28	20	29	41	35	42	32	24	23	25	29.038
	1:45 - 2:00	33	29	27	31	35	29	30	25	48	42	38	26	24	25	29	51	35	36	38	38	32.019
	2:00 - 2:15	43	39	31	30	47	26	27	28	45	37	27	31	28	28	40	21	28	32	31	42	31.615
	2:15 - 2:30	31	38	22	42	23	22	25	26	29	28	39	35	20	20	38	34	27	28	26	25	27.526
	2:30 - 2:45	31	31	26	23	26	33	25	30	25	25	22	25	27	32	35	29	23	23	24	22	26.336
	2:45 - 3:00	32	24	27	33	39	41	27	26	24	27	22	22	24	27	28	29	34	29	25	28	27.628
	3:00 - 3:15	30	30	36	29	26	24	25	30	27	26	29	26	26	34	32	32	23	36	28	27	28.360
	3:15 - 3:30	28	28	28	25	33	26	32	29	39	30	29	28	27	23	28	43	25	34	44	37	29.875
	3:30 - 3:45	34	28	43	25	29	27	30	25	24	30	29	42	45	30	30	23	26	33	30	28	29.555
	3:45 - 4:00	28	32	27	31	35	23	27	21	25	27	25	27	27	38	28	25	27	30	32	34	27.889
	4:00 - 4:15	27	27	26	31	32	35	29	27	28	27	28	29	23	36	30	26	24	38	27	22	28.066
	4:15 - 4:30	27	53	41	30	23	27	31	28	22	25	26	25	30	33	25	23	26	25	27	21	27.164
	4:30 - 4:45	32	35	27	29	28	22	26	29	36	35	23	24	25	29	25	22	27	34	35	29	27.918
	4:45 - 5:00	29	31	29	25	21	23	31	37	32	37	38	41	31	36	29	22	30	26	30	20	28.748
	5:00 - 5:15	29	24	31	32	37	27	21	28	28	25	53	24	23	26	28	34	32	22	25	31	27.804
	5:15 - 5:30	40	26	26	27	26	26	24	32	30	43	24	25	29	26	33	21	25	25	27	25	27.212
	5:30 - 5:45	37	64	31	28	30	32	31	50	35	20	24	25	27	23	26	25	22	26	28	28	28.489
	5:45 - 6:00	29	23	26	29	27	18	21	28	26	23	25	29	47	41	33	36	30	28	26	25	27.229
	6:00 - 6:15	32	24	27	27	26	27	28	25	43	42	28	35	31	23	27	28	27	28	25	29	28.358
	6:15 - 6:30	27	25	30	30	35	29	27	23	41	25	28	28	25	27	20	27	26	32	34	43	28.187
	6:30 - 6:45	31	32	29	28	30	29	29	29	32	30	29	26	39	31	27	28	31	38	31	29	30.121
	6:45 - 7:00	29	33	27	38	30	29	31	33	29	26	36	31	26	29	28	33	36	29	30	24	29.953

Fuente: Elaboración propia.

Vía 40 con calle 73

Tabla 9

Datos registrados en la vía 40 con calle 73 en la cámara de detección de velocidad (mañana).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
AM	6:45 - 7:00	40	38	45	23	29	45	19	33	31	27	36	38	27	32	51	21	27	29	32	40	31.09
	7:00 - 7:15	21	25	23	21	24	23	25	27	38	37	26	39	34	35	34	45	27	48	34	27	28.89
	7:15 - 7:30	41	45	31	39	24	39	24	27	39	37	25	34	31	37	35	35	23	27	33	21	30.89
	7:30 - 7:45	35	33	34	26	40	42	40	27	36	35	38	34	45	24	31	27	37	39	36	35	33.79
	7:45 - 8:00	42	37	38	23	36	30	35	39	35	26	25	20	25	37	28	33	34	19	29	32	29.68
	8:00 - 8:15	41	39	34	34	41	35	28	19	23	21	26	38	44	26	19	20	19	37	45	39	28.68
	8:15 - 8:30	28	29	34	24	33	28	25	31	29	30	26	30	26	31	30	42	43	22	33	45	29.93
	8:30 - 8:45	48	16	31	24	32	33	46	23	36	28	38	25	23	44	30	46	38	26	33	29	30.09
	8:45 - 9:00	34	19	21	35	31	31	38	23	35	27	33	27	32	39	37	30	20	44	26	43	29.53
	9:00 - 9:15	36	29	21	23	22	39	20	31	34	36	20	27	19	26	34	36	46	32	28	29	27.69
	9:15 - 9:30	22	30	29	26	41	23	22	30	24	25	29	38	18	26	30	34	39	26	28	27	27.23
	9:30 - 9:45	24	37	27	38	22	28	31	35	33	38	33	30	32	34	24	25	39	45	37	28	30.90
	9:45 - 10:00	38	43	26	38	26	36	33	25	34	35	42	31	42	31	31	42	33	41	20	27	32.32
	10:00 - 10:15	38	22	25	25	29	30	28	29	35	20	34	22	35	25	27	30	23	39	21	34	27.46
	10:15 - 10:30	46	35	24	23	41	32	34	46	30	28	21	28	25	30	38	30	21	38	22	33	29.53
	10:30 - 10:45	31	32	32	25	32	28	23	25	35	31	26	28	26	30	42	32	27	37	30	41	29.90
	10:45 - 11:00	34	36	31	32	45	51	27	32	30	35	37	33	30	29	46	41	32	42	51	42	35.56
	11:00 - 11:15	36	33	35	27	30	27	32	24	34	23	52	30	28	42	38	42	39	47	37	35	33.08
	11:15 - 11:30	32	43	50	37	39	40	25	41	45	47	28	39	26	31	33	44	41	45	38	40	36.83
	11:30 - 11:45	41	38	30	28	33	26	38	30	24	35	34	38	49	31	38	30	38	27	28	40	32.76
	11:45 - 12:00	36	47	33	21	33	22	47	19	37	35	34	31	40	32	39	30	29	25	34	23	30.46

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Datos registrados en la vía 40 con calle 73 en la cámara de detección de velocidad (tarde).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
PM	1:00 - 1:15	26	29	27	41	40	34	29	39	50	57	20	32	36	42	20	30	35	24	30	28	31.16
	1:15 - 1:30	44	41	52	29	25	36	41	19	24	35	27	34	28	31	25	26	37	35	31	46	31.33
	1:30 - 1:45	36	41	28	41	17	25	21	41	22	30	29	26	31	35	32	40	42	49	32	47	30.83
	1:45 - 2:00	34	34	33	40	19	22	26	36	43	25	55	45	24	35	44	26	31	30	33	32	31.22
	2:00 - 2:15	44	38	34	48	32	28	28	31	22	36	32	37	32	51	29	27	35	28	30	29	32.25
	2:15 - 2:30	33	28	22	34	28	30	24	30	44	22	41	24	29	45	23	26	35	29	24	22	28.25
	2:30 - 2:45	27	24	31	33	34	46	31	26	28	35	26	43	22	35	33	23	39	51	27	35	30.87
	2:45 - 3:00	33	41	58	26	27	55	30	35	26	29	41	33	36	34	39	34	36	38	41	31	34.59
	3:00 - 3:15	31	28	26	25	23	25	33	54	33	20	34	41	23	29	37	33	28	35	30	28	29.35
	3:15 - 3:30	45	36	40	49	30	31	49	35	42	35	35	42	19	24	23	32	27	31	48	29	32.87
	3:30 - 3:45	27	24	25	28	32	29	34	25	48	43	30	34	38	23	34	39	35	39	47	51	32.45
	3:45 - 4:00	24	21	22	48	56	31	33	30	39	36	41	30	39	30	36	37	34	42	28	30	32.44
	4:00 - 4:15	25	23	22	20	23	25	28	34	22	27	42	37	17	25	38	38	26	22	42	36	26.74
	4:15 - 4:30	42	38	28	35	46	35	29	25	21	39	23	21	44	42	25	42	32	33	29	51	31.77
	4:30 - 4:45	48	38	40	23	35	33	41	31	27	32	29	45	31	29	45	17	29	40	21	32	31.14
	4:45 - 5:00	45	31	28	31	32	42	37	34	40	32	42	21	39	37	29	23	27	26	31	29	31.52
	5:00 - 5:15	22	30	32	30	34	33	27	34	28	38	35	28	30	37	29	38	34	24	29	31	30.54
	5:15 - 5:30	27	34	26	29	26	32	31	26	27	25	32	25	27	31	29	35	23	27	31	23	27.91
	5:30 - 5:45	27	29	37	34	33	36	38	39	46	41	27	31	34	40	43	29	34	36	41	29	34.39
	5:45 - 6:00	31	34	27	33	34	39	34	35	28	34	26	28	35	24	23	34	26	20	29	31	29.43
	6:00 - 6:15	39	27	40	42	27	35	34	28	25	34	24	35	27	36	26	32	28	31	45	39	31.63
	6:15 - 6:30	27	41	23	22	22	29	31	33	19	25	30	28	41	28	25	39	36	32	41	36	28.92
	6:30 - 6:45	39	35	31	26	32	28	31	22	33	32	35	28	37	30	26	27	29	26	25	30	29.52
	6:45 - 7:00	34	23	42	40	39	36	41	41	30	25	20	22	20	39	27	37	21	31	27	36	29.54

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Datos registrados en la vía 40 con calle 73 a metros de la cámara de detección de velocidad (mañana).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
AM	6:45 - 7:00	40	47	40	23	40	55	37	64	67	37	43	30	60	48	41	50	44	42	60	37	42.44
	7:00 - 7:15	29	36	42	26	40	24	31	24	35	28	44	49	52	44	50	57	35	51	33	37	35.87
	7:15 - 7:30	41	40	42	37	45	40	37	54	45	34	41	44	44	46	38	45	42	39	52	30	41.09
	7:30 - 7:45	42	41	47	42	43	44	29	30	48	41	39	51	41	38	36	42	56	39	42	47	40.95
	7:45 - 8:00	39	30	51	47	41	28	33	29	30	40	37	40	38	43	40	37	38	30	31	32	35.72
	8:00 - 8:15	18	30	23	28	27	21	27	23	20	23	23	24	20	24	26	25	20	23	29	31	23.75
	8:15 - 8:30	24	33	30	34	35	25	28	26	28	26	21	22	18	21	15	25	31	29	34	23	25.18
	8:30 - 8:45	28	27	37	39	42	47	35	38	33	49	53	41	58	39	51	36	36	50	49	47	40.07
	8:45 - 9:00	54	46	37	44	40	43	39	33	36	45	40	29	34	55	45	32	40	36	35	37	38.98
	9:00 - 9:15	31	47	33	27	45	37	31	51	52	34	37	43	40	37	32	26	31	36	22	52	35.25
	9:15 - 9:30	41	35	29	54	39	43	37	38	41	43	51	43	31	30	23	29	40	38	30	35	36.00
	9:30 - 9:45	35	40	33	52	50	43	43	35	37	29	39	57	32	34	31	29	28	37	36	38	36.56
	9:45 - 10:00	37	37	45	41	22	43	31	23	33	26	39	47	41	33	38	35	40	30	27	38	33.78
	10:00 - 10:15	50	45	36	37	46	51	49	43	35	32	38	41	34	31	35	53	32	31	36	53	39.08
	10:15 - 10:30	37	38	45	39	41	35	41	40	38	20	35	32	43	45	38	41	46	43	40	47	37.94
	10:30 - 10:45	46	38	46	42	38	42	34	25	46	39	28	33	36	40	40	38	45	39	42	36	37.73
	10:45 - 11:00	22	19	26	27	48	37	40	29	28	27	34	40	37	27	30	31	27	34	30	37	30.10
	11:00 - 11:15	26	30	31	31	46	26	30	26	29	27	47	31	38	60	40	46	33	40	30	36	33.36
	11:15 - 11:30	30	29	29	22	34	47	38	37	38	36	37	48	30	35	37	48	45	55	37	41	36.01
	11:30 - 11:45	33	46	30	31	53	34	31	34	36	37	33	45	42	34	34	41	41	42	48	36	37.12
	11:45 - 12:00	31	36	32	44	40	50	34	30	33	38	40	41	43	53	36	44	37	41	51	39	38.68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12

Datos registrados en la vía 40 con calle 73 a metros de la cámara de detección de velocidad (tarde).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
PM	1:00 - 1:15	52	37	40	48	32	37	31	21	48	34	23	39	44	42	34	36	35	31	33	37	35.00
	1:15 - 1:30	43	29	44	45	34	44	53	33	46	40	24	35	24	31	26	41	30	33	28	26	33.58
	1:30 - 1:45	52	38	42	29	31	43	44	31	62	26	25	26	32	34	46	34	40	50	42	35	35.93
	1:45 - 2:00	42	48	46	54	50	39	26	49	38	25	43	31	28	36	49	36	37	47	49	40	38.71
	2:00 - 2:15	39	42	26	27	31	34	34	34	24	39	31	31	25	30	25	30	26	31	8	30	26.56
	2:15 - 2:30	28	31	35	22	39	28	31	37	29	27	30	26	49	22	30	21	31	30	28	26	28.88
	2:30 - 2:45	31	32	69	46	29	39	45	37	28	29	27	44	40	46	47	32	27	51	30	48	36.42
	2:45 - 3:00	29	26	41	31	30	31	26	46	57	37	61	41	30	38	39	26	29	23	28	24	32.27
	3:00 - 3:15	42	36	37	34	45	31	32	41	25	27	24	53	34	19	31	35	26	29	43	44	32.39
	3:15 - 3:30	41	30	36	39	48	45	30	36	45	42	26	34	36	37	35	25	35	25	28	24	33.41
	3:30 - 3:45	22	42	18	37	20	26	33	31	23	42	27	27	29	25	25	26	24	25	28	29	26.70
	3:45 - 4:00	21	40	31	28	33	29	25	25	28	24	28	29	28	28	26	39	53	31	36	43	29.82
	4:00 - 4:15	38	41	38	30	30	24	34	21	31	22	31	32	33	29	38	31	28	31	40	39	30.98
	4:15 - 4:30	38	39	40	43	50	27	21	33	40	33	34	28	33	27	31	30	35	34	32	29	32.67
	4:30 - 4:45	38	39	36	32	23	33	39	31	35	29	35	29	28	39	37	24	34	34	29	26	31.72
	4:45 - 5:00	29	28	25	59	47	34	28	34	24	24	49	38	28	38	30	21	25	23	29	30	29.97
	5:00 - 5:15	46	38	33	46	39	51	32	36	37	27	42	38	25	54	55	43	49	26	34	32	37.17
	5:15 - 5:30	36	36	35	46	31	22	29	36	32	30	32	30	28	30	37	31	37	36	29	31	32.01
	5:30 - 5:45	28	33	25	26	21	26	35	42	34	33	24	41	26	25	28	26	38	35	28	27	29.03
	5:45 - 6:00	28	32	37	33	25	29	34	36	31	34	32	33	30	27	34	33	31	34	48	24	31.57
	6:00 - 6:15	33	29	30	29	26	34	30	28	28	38	36	37	42	41	35	30	37	36	34	28	32.45
	6:15 - 6:30	41	19	30	16	42	37	48	39	31	34	35	35	41	46	49	32	36	35	37	40	33.61
	6:30 - 6:45	30	38	25	24	17	24	30	34	29	35	29	30	27	37	23	33	33	33	28	29	28.41
	6:45 - 7:00	26	28	29	27	20	25	24	25	25	29	32	48	27	23	30	29	32	40	38	37	28.50

Fuente: Elaboración propia.

Carrera 53 con calle 85

Tabla 13

Datos registrados en la carrera 53 con calle 85 en la cámara de detección de velocidad (mañana).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespecial
AM	6:45 - 7:00	20	24	19	21	18	17	24	34	21	14	21	22	20	40	19	18	17	21	24	23	20.74
	7:00 - 7:15	23	24	27	23	18	22	20	23	19	20	18	20	29	19	22	18	28	21	19	22	21.32
	7:15 - 7:30	20	19	21	17	19	23	25	18	18	25	21	23	22	21	27	22	19	21	30	25	21.36
	7:30 - 7:45	23	17	18	21	20	21	30	20	22	23	18	19	17	19	22	21	22	18	27	19	20.43
	7:45 - 8:00	29	17	20	26	18	23	29	26	21	23	26	22	27	29	17	21	20	22	16	25	22.11
	8:00 - 8:15	26	19	20	18	21	20	19	18	23	19	22	23	18	16	21	27	19	17	21	22	20.11
	8:15 - 8:30	24	22	19	22	32	18	20	27	19	17	22	24	29	26	19	20	17	26	17	22	21.40
	8:30 - 8:45	26	18	34	21	22	23	16	18	28	20	20	17	19	18	20	19	23	26	17	27	20.81
	8:45 - 9:00	22	19	27	29	20	23	21	22	26	20	23	21	22	25	30	21	28	21	23	20	22.75
	9:00 - 9:15	17	23	18	20	19	18	25	26	19	23	20	19	21	29	21	20	31	19	17	18	20.57
	9:15 - 9:30	27	21	20	23	24	21	18	17	18	22	26	20	27	26	28	23	19	35	21	16	21.80
	9:30 - 9:45	18	20	22	32	18	17	23	25	32	28	18	20	16	21	18	19	23	33	21	22	21.33
	9:45 - 10:00	21	28	18	24	21	18	19	20	25	17	30	26	30	17	19	29	18	23	17	20	21.18
	10:00 - 10:15	21	29	24	22	25	22	17	23	17	25	19	26	18	22	17	20	22	24	20	33	21.64
	10:15 - 10:30	22	25	23	18	30	26	22	21	20	19	22	28	18	21	22	17	17	19	24	22	21.30
	10:30 - 10:45	17	18	17	19	21	16	18	21	22	17	24	20	17	19	20	18	21	23	22	20	19.26
	10:45 - 11:00	23	27	21	19	17	21	40	19	23	17	17	18	25	24	22	17	26	21	20	21	21.03
	11:00 - 11:15	21	17	21	20	21	24	16	25	26	18	21	27	17	16	18	21	20	24	23	25	20.53
	11:15 - 11:30	17	19	28	23	18	25	18	21	17	21	16	21	18	21	19	20	26	23	20	18	20.02
	11:30 - 11:45	27	26	21	17	27	29	22	18	19	25	28	18	26	20	24	26	20	23	25	19	22.39
	11:45 - 12:00	21	23	27	22	23	21	35	28	26	19	22	20	19	20	22	24	18	21	22	19	22.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

Datos registrados en la carrera 53 con calle 85 en la cámara de detección de velocidad (tarde).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespecial
PM	1:00 - 1:15	17	24	25	27	20	24	31	26	20	24	25	23	28	19	20	18	24	20	17	21	22.05
	1:15 - 1:30	19	23	21	25	23	19	29	18	20	27	34	23	22	25	27	23	21	28	25	22	23.13
	1:30 - 1:45	28	32	30	16	23	27	19	20	22	27	23	22	21	23	27	20	21	20	23	36	23.14
	1:45 - 2:00	20	25	20	25	23	30	18	20	21	23	26	26	29	25	17	24	20	17	19	21	21.87
	2:00 - 2:15	26	21	25	27	29	24	20	26	23	16	23	19	23	22	24	20	20	21	20	22	22.14
	2:15 - 2:30	26	28	23	37	22	24	21	25	18	25	25	30	19	28	19	27	19	23	20	24	23.42
	2:30 - 2:45	17	20	23	32	20	22	20	19	36	23	22	27	27	32	26	19	17	25	22	19	22.43
	2:45 - 3:00	18	20	25	18	17	19	21	20	22	25	16	19	20	23	17	19	21	18	24	23	19.92
	3:00 - 3:15	27	28	19	24	21	26	26	17	20	25	19	23	21	22	20	29	31	20	22	17	22.21
	3:15 - 3:30	24	18	33	28	25	22	20	24	20	23	23	29	18	24	21	24	18	21	20	26	22.47
	3:30 - 3:45	25	23	18	23	17	24	23	19	21	17	19	23	24	22	19	20	22	17	24	23	20.82
	3:45 - 4:00	19	26	18	21	23	20	22	24	24	22	21	22	16	19	25	23	19	20	25	21	21.19
	4:00 - 4:15	28	21	22	24	28	25	24	21	26	21	25	27	19	17	22	30	26	17	20	16	22.26
	4:15 - 4:30	27	33	22	24	21	19	21	28	27	20	27	22	19	25	28	20	16	29	24	26	23.17
	4:30 - 4:45	24	21	18	24	27	25	23	23	26	27	22	18	19	22	18	24	23	19	22	16	21.59
	4:45 - 5:00	24	17	20	26	19	29	21	19	17	21	27	22	21	17	24	27	18	19	16	18	20.48
	5:00 - 5:15	25	24	19	26	23	26	22	20	35	24	26	22	24	16	22	28	30	24	21	19	23.12
	5:15 - 5:30	17	20	17	21	27	22	23	19	21	22	24	25	19	18	17	32	26	21	24	22	21.28
	5:30 - 5:45	25	22	19	16	25	18	24	19	23	22	18	26	28	24	25	30	20	18	22	24	21.82
	5:45 - 6:00	22	17	17	20	21	32	22	20	19	25	20	24	21	19	22	23	26	17	24	19	21.00
	6:00 - 6:15	29	18	28	22	21	26	16	23	22	26	28	21	20	25	18	27	26	21	22	19	22.29
	6:15 - 6:30	32	31	17	34	25	19	23	25	21	28	24	22	23	19	26	28	24	22	21	20	23.44
	6:30 - 6:45	24	18	21	24	27	25	30	22	29	30	28	24	27	22	21	19	22	24	19	27	23.61
	6:45 - 7:00	21	27	19	28	20	24	23	21	27	19	26	24	20	25	23	16	20	26	24	18	22.05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Datos registrados en la carrera 53 con calle 85 a metros de la cámara de detección de velocidad (mañana).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
AM	6:45 - 7:00	24	21	23	25	26	19	18	22	20	25	26	24	33	32	34	25	26	30	32	22	24.56
	7:00 - 7:15	19	19	32	24	20	30	20	24	30	24	30	32	22	21	20	26	28	24	30	20	23.95
	7:15 - 7:30	30	26	28	21	29	22	18	20	32	22	19	25	26	25	19	24	18	25	22	20	22.89
	7:30 - 7:45	26	21	27	20	23	29	26	22	21	20	24	14	20	17	28	27	30	19	21	29	22.34
	7:45 - 8:00	24	33	25	20	22	21	30	34	28	22	18	21	27	33	26	23	28	26	25	23	24.72
	8:00 - 8:15	19	18	21	17	23	24	20	18	21	22	20	21	25	21	22	18	29	26	22	25	21.21
	8:15 - 8:30	20	23	29	22	30	31	30	23	20	21	17	32	23	35	18	30	20	18	17	21	22.82
	8:30 - 8:45	20	18	25	25	30	28	43	20	24	25	26	22	23	23	26	25	26	28	22	35	24.78
	8:45 - 9:00	29	22	22	23	22	29	23	20	19	17	29	30	22	25	26	20	28	23	19	22	22.92
	9:00 - 9:15	28	22	18	23	22	19	23	21	21	19	23	20	18	24	32	19	19	19	22	19	21.11
	9:15 - 9:30	23	25	22	25	25	18	20	29	31	23	19	23	21	29	23	30	19	29	27	22	23.55
	9:30 - 9:45	18	19	22	21	22	22	24	19	24	23	25	20	17	23	25	17	20	21	26	29	21.43
	9:45 - 10:00	17	18	19	19	24	20	24	21	18	19	20	19	24	21	25	20	31	16	19	28	20.54
	10:00 - 10:15	22	16	23	18	26	20	19	20	17	28	17	25	22	21	19	24	30	20	19	19	20.67
	10:15 - 10:30	19	21	20	20	23	19	23	20	20	21	24	17	19	27	22	19	19	29	29	22	21.21
	10:30 - 10:45	19	20	31	22	18	19	23	19	23	17	18	18	19	17	22	21	24	16	19	18	19.71
	10:45 - 11:00	21	18	20	21	21	17	20	21	18	22	26	18	19	25	18	22	24	17	26	18	20.24
	11:00 - 11:15	20	25	20	18	20	20	17	27	18	24	20	18	33	29	24	18	17	19	19	23	20.75
	11:15 - 11:30	18	22	19	28	20	25	23	21	32	27	23	24	21	20	17	31	28	20	30	20	22.69
	11:30 - 11:45	28	25	19	20	27	19	25	25	24	33	20	31	30	26	25	23	23	19	24	22	23.79
	11:45 - 12:00	21	34	21	21	22	23	22	27	28	22	30	23	32	25	22	25	21	23	25	24	24.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16

Datos registrados en la carrera 53 con calle 85 a metros de la cámara de detección de velocidad (tarde).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
PM	1:00 - 1:15	35	25	29	25	26	24	23	25	22	21	26	20	24	20	21	25	23	25	26	34	24.43
	1:15 - 1:30	21	20	27	29	23	21	22	19	23	24	25	25	21	27	33	23	27	22	29	18	23.41
	1:30 - 1:45	23	31	27	19	19	22	25	21	24	19	20	20	20	36	24	26	32	23	25	25	23.31
	1:45 - 2:00	30	22	32	24	30	29	35	25	19	23	20	22	26	23	25	20	38	31	22	23	25.03
	2:00 - 2:15	24	23	21	17	24	23	19	25	28	22	20	21	24	22	21	23	18	17	25	18	21.36
	2:15 - 2:30	19	20	22	19	23	25	23	22	27	24	25	27	21	27	23	21	20	27	26	20	22.72
	2:30 - 2:45	25	22	24	23	25	31	22	21	20	22	31	24	18	25	27	21	19	22	24	22	22.97
	2:45 - 3:00	18	20	19	18	22	25	22	22	23	19	24	21	32	22	21	18	28	20	21	19	21.25
	3:00 - 3:15	26	28	17	20	21	20	22	18	19	18	21	19	25	29	20	20	18	27	21	34	21.41
	3:15 - 3:30	27	23	21	23	30	26	21	23	23	21	20	17	24	18	21	23	18	21	17	19	21.34
	3:30 - 3:45	25	21	22	23	26	18	17	23	20	19	18	22	27	30	24	22	22	17	18	19	21.13
	3:45 - 4:00	32	17	23	19	20	26	21	19	26	19	30	26	27	28	22	25	22	21	24	25	22.97
	4:00 - 4:15	20	29	21	21	17	25	24	21	24	22	23	21	17	20	21	23	17	18	21	20	20.88
	4:15 - 4:30	25	28	26	28	36	22	18	24	18	19	22	23	21	26	30	25	20	20	27	22	23.27
	4:30 - 4:45	18	27	22	22	21	18	18	26	22	23	21	22	17	26	16	22	26	24	25	18	21.19
	4:45 - 5:00	21	26	24	23	19	30	22	20	22	20	23	19	22	22	18	19	19	18	20	23	21.16
	5:00 - 5:15	18	20	21	23	35	22	22	20	27	29	22	23	22	21	20	21	20	29	22	26	22.58
	5:15 - 5:30	23	17	18	16	20	18	23	16	31	21	23	23	19	21	23	19	17	18	17	20	19.64
	5:30 - 5:45	19	18	23	22	23	28	23	27	28	34	19	25	25	32	23	20	26	28	26	23	23.94
	5:45 - 6:00	21	29	33	20	23	23	17	19	22	20	19	23	21	25	24	26	23	24	18	21	22.02
	6:00 - 6:15	20	26	40	26	21	23	26	25	31	25	22	21	21	24	23	30	14	23	20	19	22.98
	6:15 - 6:30	30	31	33	17	22	21	25	26	27	21	25	19	29	18	24	26	23	25	21	25	23.67
	6:30 - 6:45	20	18	21	22	21	25	25	20	24	27	26	29	34	20	29	30	18	21	18	22	22.75
	6:45 - 7:00	28	22	19	21	27	28	29	22	17	27	18	30	19	23	22	22	24	23	17	25	22.48

Fuente: Elaboración propia.

Carrera 51B con calle 102

Tabla 17

Datos registrados en la carrera 51B con calle 102 en la cámara de detección de velocidad (mañana).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
AM	6:45 - 7:00	27	23	22	18	26	37	32	34	41	32	24	31	28	31	27	36	27	30	31	27	28.18
	7:00 - 7:15	24	18	40	27	33	32	25	28	43	32	24	36	24	30	29	24	33	25	26	29	27.98
	7:15 - 7:30	31	32	25	29	33	35	29	30	35	27	25	30	34	33	34	27	29	28	29	31	30.00
	7:30 - 7:45	17	41	30	33	34	33	27	29	25	29	34	31	31	24	25	26	32	28	27	37	28.67
	7:45 - 8:00	21	29	24	30	29	31	28	22	33	39	33	22	21	25	19	28	27	26	26	30	26.32
	8:00 - 8:15	19	22	28	24	29	19	23	19	18	19	22	33	21	33	24	23	22	33	26	19	22.92
	8:15 - 8:30	32	24	19	25	23	30	22	28	32	28	24	26	28	21	23	19	26	28	26	28	25.05
	8:30 - 8:45	28	29	27	29	28	25	41	29	28	24	23	31	25	24	28	25	29	29	28	24	27.28
	8:45 - 9:00	22	20	25	26	24	23	22	24	21	20	24	26	27	22	17	20	17	22	25	27	22.31
	9:00 - 9:15	30	28	25	26	28	26	28	26	23	24	19	22	26	29	20	23	22	21	26	27	24.57
	9:15 - 9:30	33	26	24	23	21	21	23	21	23	25	22	24	23	20	22	22	23	18	26	23	22.83
	9:30 - 9:45	34	31	35	30	23	25	31	27	25	21	26	26	23	21	25	28	25	27	22	28	26.11
	9:45 - 10:00	18	24	20	35	19	26	25	22	30	24	21	22	19	24	20	28	24	29	27	26	23.47
	10:00 - 10:15	22	25	17	21	25	29	30	22	22	16	24	21	32	26	31	33	26	19	32	38	24.29
	10:15 - 10:30	29	23	22	29	28	29	31	24	22	25	27	28	24	33	24	24	30	22	25	21	25.58
	10:30 - 10:45	18	25	32	27	22	28	32	25	22	20	23	24	22	20	29	28	26	31	18	20	23.84
	10:45 - 11:00	30	22	18	19	20	22	23	28	50	23	24	22	20	21	25	23	24	31	19	21	23.05
	11:00 - 11:15	27	26	25	30	27	26	26	18	17	29	31	24	25	26	18	28	31	29	18	21	24.24
	11:15 - 11:30	30	27	25	26	30	27	27	28	30	32	31	32	36	29	21	23	25	22	24	23	26.88
	11:30 - 11:45	29	31	34	29	28	29	30	28	35	28	30	25	26	30	25	26	29	31	24	25	28.32
	11:45 - 12:00	29	28	31	24	33	32	30	31	31	28	36	40	26	35	33	32	28	28	29	35	30.53

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Datos registrados en la carrera 51B con calle 102 en la cámara de detección de velocidad (tarde).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespacial
PM	1:00 - 1:15	30	35	48	37	43	38	31	30	39	29	30	46	43	43	42	39	32	38	31	32	35.90
	1:15 - 1:30	35	37	41	23	30	35	42	32	30	36	34	32	33	35	20	30	29	35	41	42	32.49
	1:30 - 1:45	33	22	24	29	24	27	31	36	37	26	34	22	19	29	33	34	35	25	34	29	28.16
	1:45 - 2:00	30	35	36	27	38	21	26	31	30	29	29	30	28	30	28	25	27	29	31	45	29.51
	2:00 - 2:15	23	24	30	34	36	33	32	31	29	33	36	30	31	37	34	32	29	34	32	36	31.34
	2:15 - 2:30	34	42	34	42	35	28	27	30	25	36	25	24	34	34	35	40	39	31	33	30	32.03
	2:30 - 2:45	32	41	29	34	33	37	41	34	35	33	29	24	31	35	30	28	32	29	28	33	31.88
	2:45 - 3:00	22	27	33	21	34	31	32	28	35	32	28	31	31	29	36	19	28	30	21	37	28.26
	3:00 - 3:15	26	27	28	25	32	22	36	32	33	30	32	28	29	23	31	36	21	38	34	25	28.62
	3:15 - 3:30	34	28	26	32	29	28	32	31	21	36	33	30	27	28	34	36	35	32	34	29	30.25
	3:30 - 3:45	27	29	28	26	21	39	26	28	21	22	28	24	21	30	23	24	30	27	39	28	26.27
	3:45 - 4:00	31	19	24	25	30	26	24	33	28	29	24	23	23	31	30	29	28	37	24	40	27.08
	4:00 - 4:15	33	19	21	24	2	36	36	35	34	21	28	34	33	22	20	32	28	37	29	26	16.79
	4:15 - 4:30	23	33	25	29	30	21	20	27	21	20	26	32	29	27	29	31	37	29	25	35	26.60
	4:30 - 4:45	29	27	31	32	27	26	23	21	31	24	27	31	37	27	40	23	24	26	21	25	26.84
	4:45 - 5:00	25	27	22	32	36	21	29	33	32	31	30	29	30	28	26	26	24	30	31	32	28.18
	5:00 - 5:15	25	19	17	17	26	28	30	22	32	26	33	26	25	29	23	26	24	31	33	26	24.97
	5:15 - 5:30	21	29	30	22	28	23	24	29	24	23	28	29	27	30	21	22	33	37	34	32	26.56
	5:30 - 5:45	20	29	21	27	26	30	25	32	33	26	27	30	34	23	21	28	29	23	29	30	26.55
	5:45 - 6:00	24	31	28	27	24	29	28	22	29	32	30	33	36	37	26	29	28	24	31	23	28.00
	6:00 - 6:15	34	32	31	32	35	29	27	35	37	25	24	32	33	29	27	23	20	28	31	34	29.18
	6:15 - 6:30	26	24	26	29	27	31	32	21	28	34	39	28	22	22	24	25	27	28	30	31	27.08
	6:30 - 6:45	28	24	28	24	25	27	32	28	33	23	22	35	26	31	29	24	33	29	27	36	27.66
	6:45 - 7:00	31	26	29	26	35	28	25	24	32	28	31	24	29	25	34	35	29	28	22	20	27.45

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Datos registrados en la carrera 51B con calle 102 a metros de la cámara de detección de velocidad (mañana).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespecial
AM	6:45 - 7:00	34	30	28	36	37	31	29	28	41	25	32	47	29	36	30	32	20	33	25	46	31.18
	7:00 - 7:15	35	31	32	28	30	29	37	24	37	30	33	43	32	60	37	27	34	31	43	38	33.25
	7:15 - 7:30	41	28	34	51	40	41	33	29	30	32	35	38	37	41	29	40	34	32	28	31	34.35
	7:30 - 7:45	35	45	46	42	18	31	41	33	39	38	45	33	29	32	34	37	28	26	32	44	33.69
	7:45 - 8:00	32	43	39	31	29	30	28	23	25	45	34	26	32	31	32	27	34	28	30	29	30.57
	8:00 - 8:15	33	29	35	38	29	28	27	30	22	29	27	24	26	25	26	36	32	28	29	27	28.49
	8:15 - 8:30	40	54	39	32	43	44	46	35	41	26	25	27	30	38	29	36	30	32	52	32	34.87
	8:30 - 8:45	38	36	32	31	33	33	24	27	26	25	44	39	41	34	28	32	35	24	31	30	31.23
	8:45 - 9:00	31	24	37	35	31	28	39	26	30	27	23	36	40	39	37	46	40	28	33	35	32.14
	9:00 - 9:15	31	28	20	50	27	23	24	24	47	30	44	32	38	27	36	38	44	32	33	28	30.87
	9:15 - 9:30	48	35	36	38	40	31	35	28	21	24	20	27	25	47	34	21	63	54	30	33	31.36
	9:30 - 9:45	36	34	26	30	32	42	25	29	28	32	28	25	27	29	35	38	53	30	34	38	31.47
	9:45 - 10:00	32	33	31	34	32	35	24	33	20	32	23	26	29	41	30	39	36	40	24	37	30.42
	10:00 - 10:15	30	25	32	26	40	23	21	26	27	24	26	37	43	45	37	24	36	26	20	41	28.71
	10:15 - 10:30	27	35	32	31	28	27	24	18	27	31	28	25	30	26	24	22	19	27	44	36	26.91
	10:30 - 10:45	38	28	37	39	53	33	35	38	30	35	26	18	24	26	29	22	32	33	41	18	29.58
	10:45 - 11:00	42	39	28	32	30	20	26	27	23	31	34	26	37	33	31	27	30	39	35	21	29.38
	11:00 - 11:15	33	31	34	35	38	25	24	23	21	23	33	63	34	29	32	24	28	30	26	25	28.84
	11:15 - 11:30	40	33	38	21	34	35	25	26	22	49	32	37	46	20	34	26	34	22	26	43	30.03
	11:30 - 11:45	23	26	25	34	53	27	28	32	27	42	46	31	46	31	30	28	22	47	29	45	31.47
	11:45 - 12:00	21	23	26	23	30	47	23	26	44	25	22	24	42	32	45	54	39	25	29	35	29.24

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Datos registrados en la carrera 51B con calle 102 a metros de la cámara de detección de velocidad (tarde).

	HORA	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	Vespecial
PM	1:00 - 1:15	27	44	25	26	28	34	23	34	27	17	32	28	21	39	29	32	23	18	34	32	27.11
	1:15 - 1:30	33	42	36	35	37	31	32	43	35	43	37	32	34	30	29	39	44	38	31	30	34.97
	1:30 - 1:45	34	42	45	22	48	26	31	48	36	39	43	38	29	37	30	32	40	36	30	36	34.71
	1:45 - 2:00	31	20	18	26	38	34	36	27	21	33	44	25	38	48	37	46	30	24	35	23	29.39
	2:00 - 2:15	45	37	37	31	41	39	35	33	28	24	21	25	24	22	30	31	38	34	44	46	31.48
	2:15 - 2:30	36	38	25	31	30	29	26	37	35	33	32	35	24	30	40	35	33	35	42	36	32.39
	2:30 - 2:45	41	39	47	40	36	45	47	41	33	30	27	22	25	31	28	41	35	40	42	40	34.91
	2:45 - 3:00	20	40	49	47	36	26	41	35	25	29	38	25	34	40	38	35	37	41	43	42	34.22
	3:00 - 3:15	36	27	50	34	38	41	32	21	26	52	41	32	36	27	36	41	30	32	25	38	33.06
	3:15 - 3:30	34	39	32	38	37	32	21	23	26	34	44	46	37	41	44	32	45	31	36	31	33.66
	3:30 - 3:45	47	38	33	29	37	33	35	32	35	43	37	26	27	46	40	36	33	29	45	30	34.56
	3:45 - 4:00	58	36	34	50	38	29	39	27	32	40	42	35	40	43	40	34	35	31	38	33	36.59
	4:00 - 4:15	43	33	34	25	40	32	25	26	41	36	26	27	29	58	37	36	34	33	25	39	32.40
	4:15 - 4:30	32	38	35	32	24	38	30	32	23	24	47	31	44	36	39	33	30	34	32	27	31.94
	4:30 - 4:45	24	41	32	35	28	37	34	28	31	36	39	39	32	61	23	40	34	49	44	45	34.72
	4:45 - 5:00	41	33	31	27	32	27	39	26	46	54	36	32	27	32	28	34	29	33	38	29	32.54
	5:00 - 5:15	25	28	26	33	28	31	29	24	21	30	35	25	34	42	18	44	39	31	41	37	29.46
	5:15 - 5:30	32	28	46	33	25	30	25	21	24	39	33	27	26	30	38	19	31	47	30	36	29.41
	5:30 - 5:45	39	35	27	44	28	27	25	29	27	29	36	30	35	24	29	26	28	36	27	40	30.19
	5:45 - 6:00	39	43	33	44	47	53	35	43	38	36	43	36	40	32	38	31	30	28	36	29	36.69
	6:00 - 6:15	39	29	42	36	33	47	51	36	45	29	32	28	29	34	45	37	38	30	28	26	34.40
	6:15 - 6:30	40	53	33	36	29	38	43	35	32	34	30	35	36	28	37	44	40	34	37	33	35.58
	6:30 - 6:45	32	29	32	28	33	39	40	27	37	40	46	29	31	36	35	41	48	38	43	30	34.74
	6:45 - 7:00	47	32	34	29	33	27	36	42	32	33	39	40	35	32	33	38	39	36	33	48	35.18

Fuente: Elaboración propia.

Análisis estadístico

Las zonas de estudio son consideradas de alta densidad de peatones e intenso flujo vehicular; el estudio de velocidades se realizó por el método del radar, registrando las velocidades de 20 vehículos en periodos de 15 minutos tomados en dos jornadas (mañana y tarde), estos fueron ubicados en dos escenarios, el primero en el lugar donde se encontraba ubicada la cámara de detección de velocidad y el otro en el mismo corredor a metros de la cámara de detección.

Carrera 53 con calle 106

Para el análisis de la información recolectada en el corredor de la carrera 53 con calle 106 se evaluaron los escenarios “con cámara” y “sin cámara” de las dos jornadas; para el escenario donde se encuentra ubicada la cámara de detección de velocidad se registró una velocidad promedio de 28km/h en ambas jornadas, mientras que para el escenario sin cámara de detección se obtuvo una disminución de la velocidad promedio en la jornada de la tarde registrada en 27.2km/h. Comparando las velocidades de los dos escenarios se observó que se mantienen en un rango entre 27km/h y 30km/h teniendo en cuenta que la velocidad permitida en el corredor es de 60km/h.

Tabla 21

Parámetros estadísticos carrera 53 con calle 106.

Escenario/Variable	Velocidad promedio (km/h)		Varianza		Desv. Estandar	
	A.M	P.M	A.M	P.M	A.M	P.M
Con cámara	28.9	28.5	0.3	0.7	0.6	0.9
Sin cámara	28.7	27.2	1.3	2.0	1.1	1.4

Fuente: Elaboración propia.

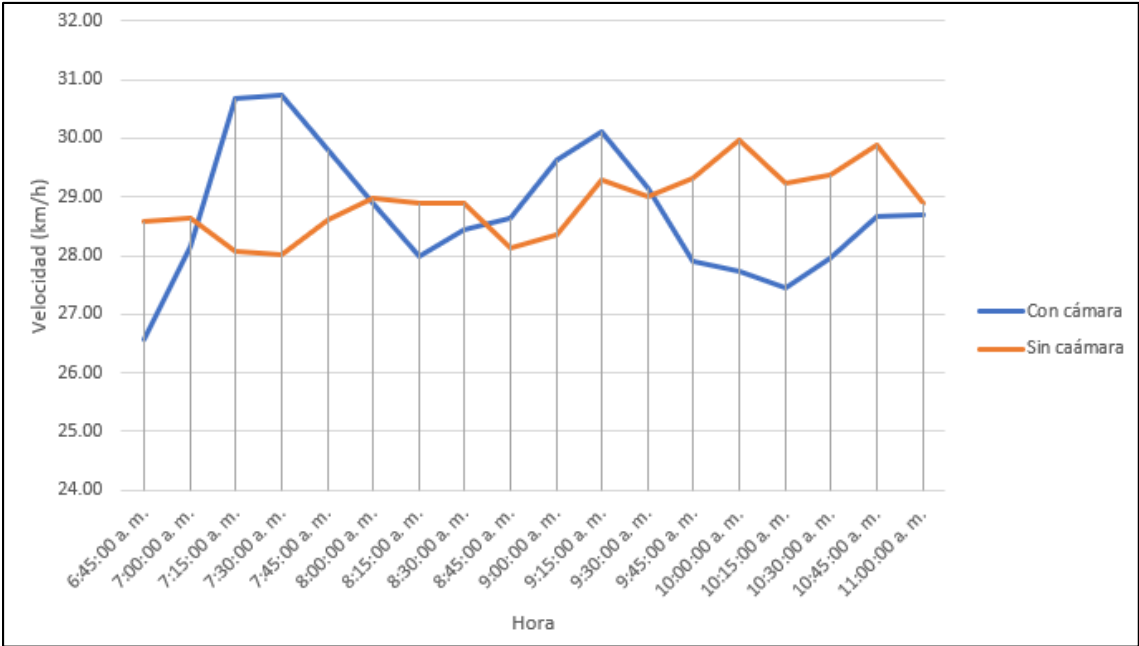


Figura 10 Velocidad vs hora en ambos escenarios (mañana) en la carrera 53 con calle 106.
Fuente: Elaboración propia.

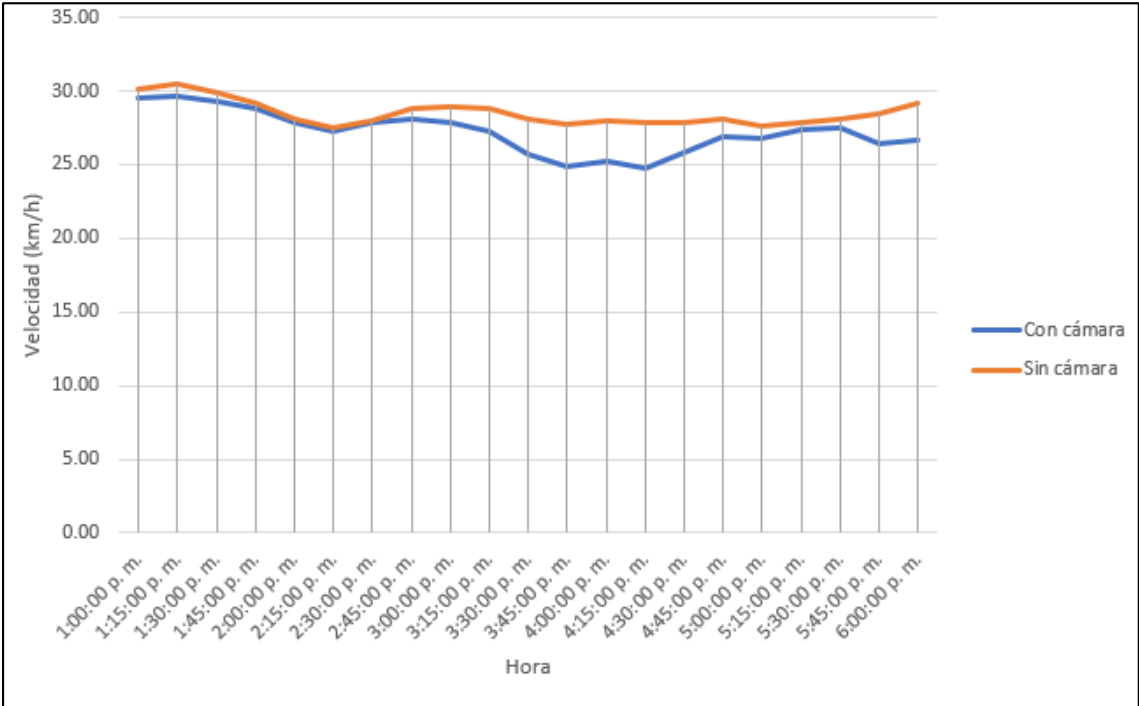


Figura 11 Velocidad vs hora en ambos escenarios (tarde) en la carrera 53 con calle 106.
Fuente: Elaboración propia.

Vía 40 con calle 73

Para el análisis de la información tomada en el corredor de la vía 40 con calle 73, se realizaron graficas comparativas de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara” de las dos jornadas, para el primer escenario en ambas jornadas se mantuvo una velocidad promedio de 30km/h, por el contrario, para el segundo escenario la velocidad promedio disminuyo de 35km/h a 31.7km/h en la jornada de la tarde. En comparación de los dos escenarios la velocidad se mantiene en un rango de 30km/h a 35km/h y en algunas ocasiones con picos de velocidades entre los 38km/h y 40km/h, teniendo en cuenta que la velocidad permitida en este corredor es de 60km/h.

Tabla 22
Parámetros estadísticos vía 40 con calle 73.

Escenario/Variable	Velocidad promedio (km/h)		Varianza		Desv. Estandar	
	A.M	P.M	A.M	P.M	A.M	P.M
Con cámara	30.6	30.8	2.8	0.4	1.7	0.6
Sin cámara	35.0	31.7	8.1	1.8	2.9	1.3

Fuente: Elaboración propia.

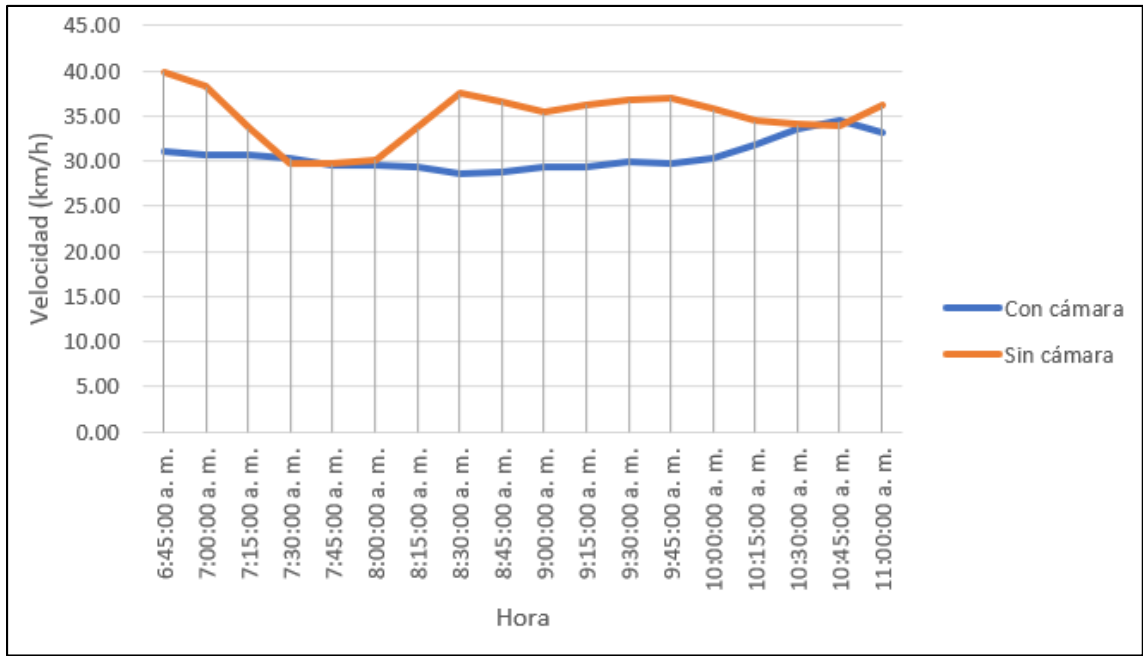


Figura 12 Velocidad vs hora en ambos escenarios (mañana) en la vía 40 con calle 73.
Fuente: Elaboración propia.

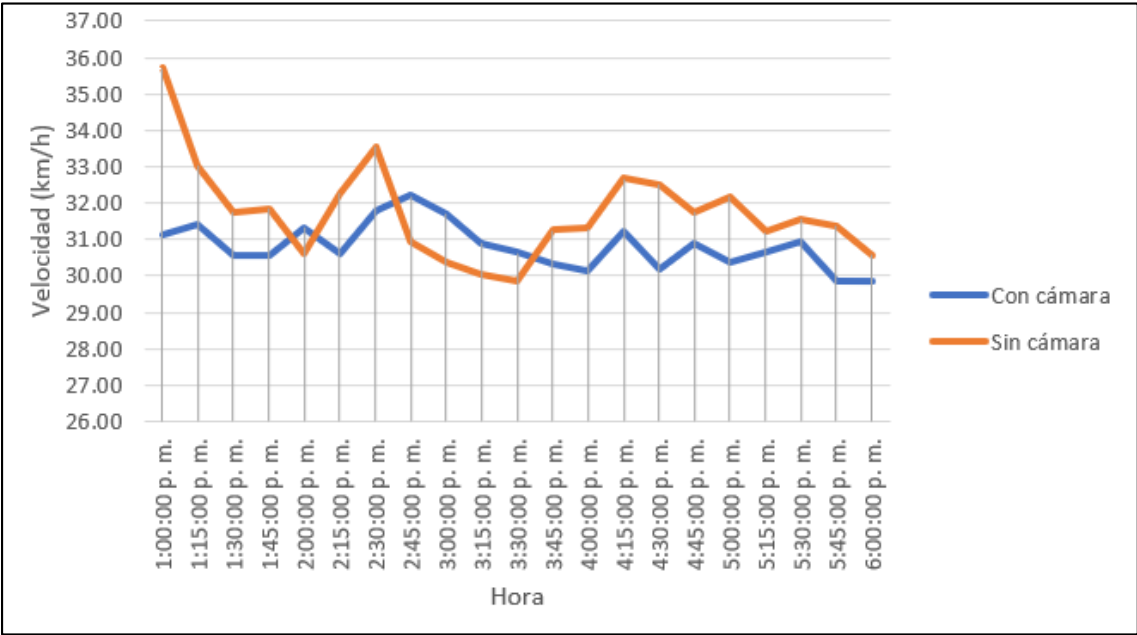


Figura 13 Velocidad vs hora en ambos escenarios (tarde) en la vía 40 con calle 73.
Fuente: Elaboración propia.

Carrera 53 con calle 85

Para el análisis de la información recolectada en el corredor de la carrera 53 con calle 85 se evaluaron los escenarios “con cámara” y “sin cámara” de las dos jornadas, para el primer escenario en la jornada de la tarde hubo un aumento en la velocidad promedio de 22km/h mientras en la jornada de la mañana fue de 21km/h, por el contrario, para el segundo escenario en ambas jornadas la velocidad promedio se mantuvo constante en 22km/h. En comparación de los dos escenarios la velocidad se mantiene en un rango de 20km/h – 24Km/h, teniendo en cuenta que la velocidad permitida en este corredor es de 30km/h.

Tabla 23
Parámetros estadísticos carrera 53 con calle 85.

Escenario/Variable	Velocidad promedio (km/h)		Varianza		Desv. Estandar	
	A.M	P.M	A.M	P.M	A.M	P.M
Con camara	21.1	22.0	0.1	0.2	0.4	0.4
Sin camara	22.1	22.2	1.2	0.6	1.1	0.7

Fuente: Elaboración propia.

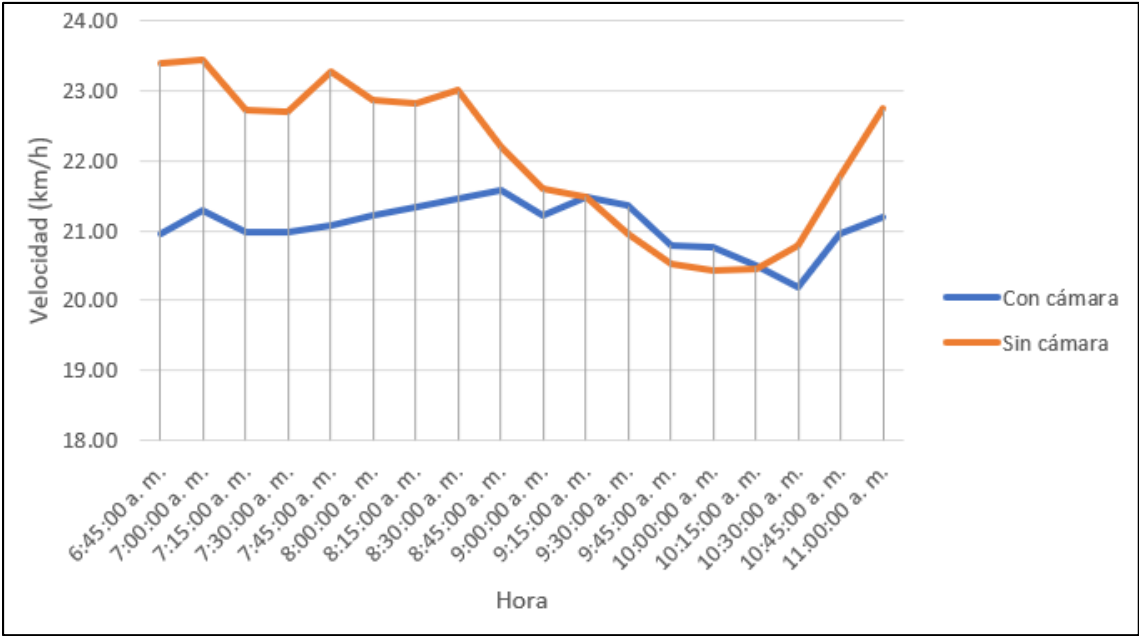


Figura 14 Velocidad vs hora en ambos escenarios (mañana) en la carrera 53 con calle 85.
Fuente: Elaboración propia.

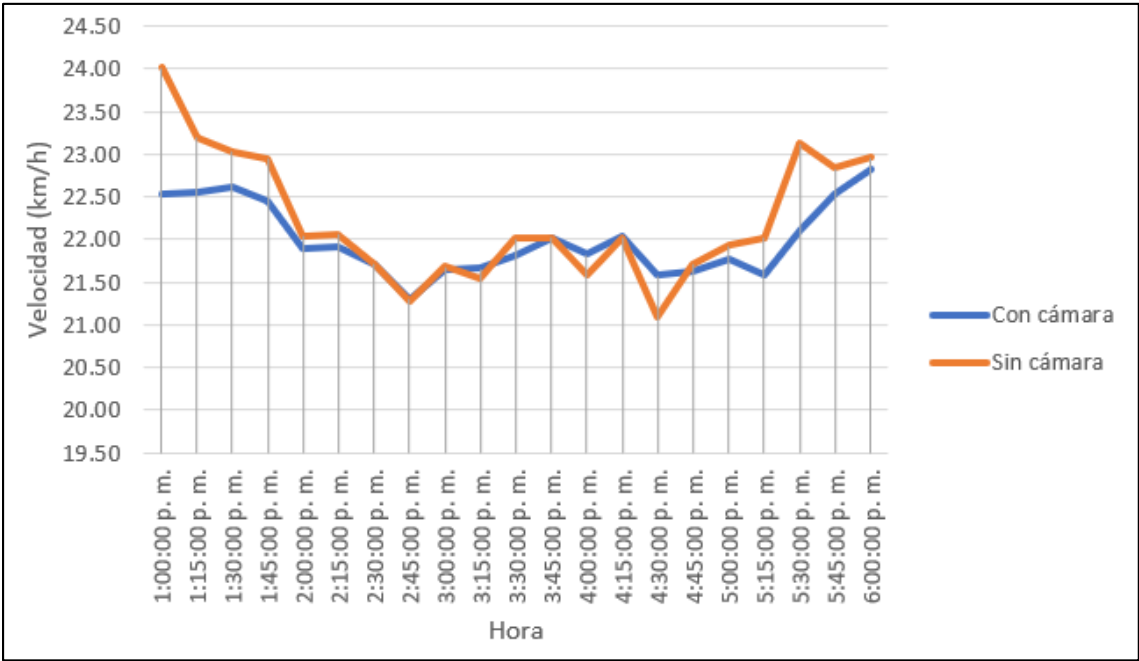


Figura 15 Velocidad vs hora en ambos escenarios (tarde) en la carrera 53 con calle 85.
Fuente: Elaboración propia.

Carrera 51B con calle 102

Para el análisis de la información tomada en el corredor de la carrera 51b con calle 102 se realizaron graficas comparativas de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara” de las dos jornadas, para el primer escenario en la jornada de la tarde hubo un aumento en la velocidad promedio de 27.7km/h a diferencia de la mañana que fue de 25.2km/h, en cambio, para el segundo escenario hubo un aumento de la velocidad promedio en la jornada de la tarde de 33.0km/h mientras que en la jornada de la mañana fue de 30.7km/h. En comparación de los dos escenarios la velocidad se registra entre 20km/h a 34km/h, teniendo en cuenta que la velocidad permitida en este corredor es de 50km/h.

Tabla 24
Parámetros estadísticos carrera 51B con calle 102.

Escenario/Variable	Velocidad promedio (km/h)		Varianza		Desv. Estandar	
	A.M	P.M	A.M	P.M	A.M	P.M
Con cámara	25.2	27.7	2.2	6.7	1.5	2.6
Sin cámara	30.7	33.0	2.0	1.9	1.4	1.4

Fuente: Elaboración propia.

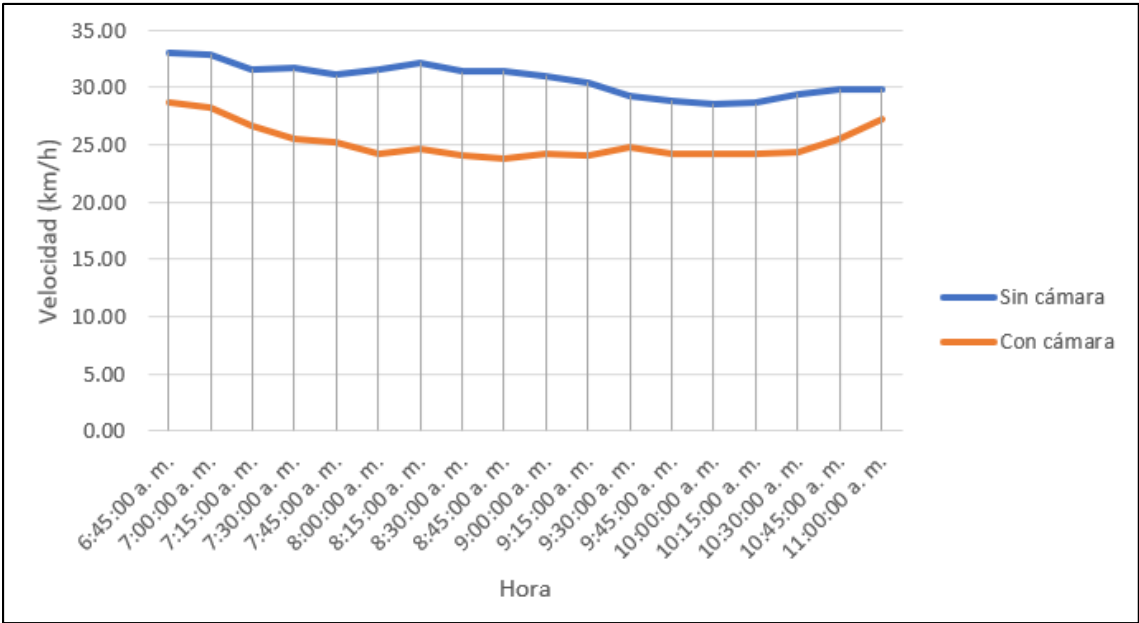


Figura 16 Velocidad vs hora en ambos escenarios (mañana) en la carrera 51B con calle 102.
Fuente: Elaboración propia.

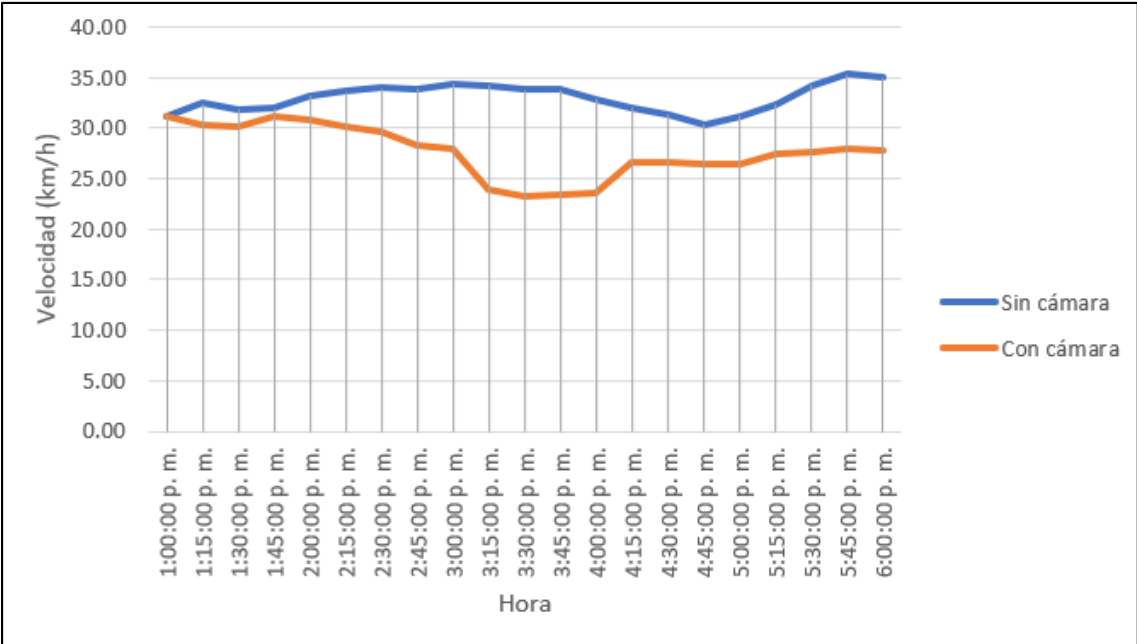


Figura 17 Velocidad vs hora en ambos escenarios (tarde) en la carrera 51B con calle 102.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados y análisis

En este capítulo presentaremos los resultados del análisis de los datos obtenidos en la estimación de los modelos utilizando el modelo Greenshields. Para estos se generaron las relaciones velocidad-densidad y flujo-densidad para cada uno de los puntos en estudio (escenario con cámara y sin cámara) con los cuales se quiere buscar cómo afecta la implementación de las cámaras de detección electrónica a la operación del tránsito.

Carrera 53 con calle 106

✓ Con cámara

Tabla 25

Velocidad, flujo y densidad carrera 53 con calle 106, con cámara.

Hora	Velocidad	Flujo	Densidad
7:45:00 a. m.	23.794	814	34.21
8:00:00 a. m.	25.366	905	35.68
8:15:00 a. m.	29.345	984	33.53
8:30:00 a. m.	33.433	1017	30.42
8:45:00 a. m.	30.407	990	32.56
9:00:00 a. m.	31.416	905	28.81
9:15:00 a. m.	32.493	799	24.59
9:30:00 a. m.	32.193	769	23.89
9:45:00 a. m.	33.114	758	22.89
10:00:00 a. m.	32.909	775	23.55
10:15:00 a. m.	32.276	816	25.28
10:30:00 a. m.	34.950	841	24.06
10:45:00 a. m.	30.260	856	28.29
11:00:00 a. m.	30.598	851	27.81
11:15:00 a. m.	29.455	835	28.35
11:30:00 a. m.	25.927	866	33.40
11:45:00 a. m.	30.110	955	31.72
12:00:00 p. m.	29.232	1052	35.99
2:00:00 p. m.	29.266	1158	39.57
2:15:00 p. m.	27.616	1120	40.56
2:30:00 p. m.	32.621	1056	32.37
2:45:00 p. m.	31.025	1020	32.88
3:00:00 p. m.	29.838	1073	35.96
3:15:00 p. m.	29.838	1100	36.87

3:30:00 p. m.	30.006	1124	37.46
3:45:00 p. m.	31.311	1107	35.35
4:00:00 p. m.	34.999	1050	30.00
4:15:00 p. m.	32.930	1055	32.04
4:30:00 p. m.	29.752	1069	35.93
4:45:00 p. m.	26.295	1063	40.43
5:00:00 p. m.	21.897	1041	47.54
5:15:00 p. m.	20.657	1029	49.81
5:30:00 p. m.	21.393	985	46.04
5:45:00 p. m.	22.569	942	41.74
6:00:00 p. m.	22.569	994	44.04
6:15:00 p. m.	25.500	981	38.47
6:30:00 p. m.	27.250	1055	38.72
6:45:00 p. m.	25.500	1158	45.41
7:00:00 p. m.	29.750	1150	38.66

Fuente: Elaboración propia.

Densidad y flujo

Tabla 26

Densidad y flujo carrera 53 con calle 106, con cámara.

K	Q
0.00	0
5.00	212
10.00	401
15.00	568
20.00	712
25.00	832
30.00	931
35.00	1006
40.00	1058
45.00	1088
50.00	1094
55.00	1078
60.00	1039
65.00	978
70.00	893
75.00	786
80.00	655
85.00	502
90.00	326
95.00	128

97.95	0
-------	---

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27
Parámetros modelo lineal carrera 53 con calle 106, con cámara.

Parámetros modelo lineal	
0.4565	Vl/Kc
44.712	Vl
97.95	Kc
48.97	Km
1094.83	qm

Fuente: Elaboración propia.

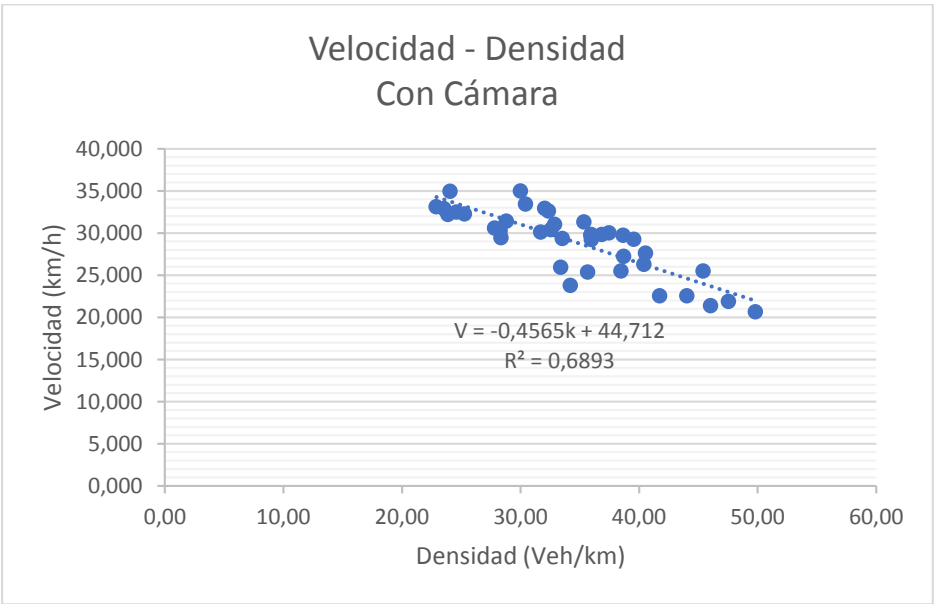


Figura 18 Relación velocidad – densidad, escenario con cámara.
Fuente: Elaboración propia.

✓ Sin cámara

Tabla 28
Velocidad, flujo y densidad carrera 53 con calle 106, sin cámara.

Hora	Velocidad	Flujo	Densidad
7:45:00 a. m.	27.78	814	29.31
8:00:00 a. m.	26.12	905	34.65
8:15:00 a. m.	26.96	984	36.50
8:30:00 a. m.	25.79	1017	39.43
8:45:00 a. m.	26.56	990	37.28
9:00:00 a. m.	29.31	905	30.87
9:15:00 a. m.	27.42	799	29.14
9:30:00 a. m.	30.05	769	25.59

9:45:00 a. m.	30.47	758	24.88
10:00:00 a. m.	31.71	775	24.44
10:15:00 a. m.	33.62	816	24.27
10:30:00 a. m.	27.17	841	30.95
10:45:00 a. m.	28.01	856	30.56
11:00:00 a. m.	27.55	851	30.89
11:15:00 a. m.	27.98	835	29.85
11:30:00 a. m.	34.72	866	24.94
11:45:00 a. m.	33.68	955	28.36
12:00:00 p. m.	34.03	1052	30.91
2:00:00 p. m.	28.43	1158	40.73
2:15:00 p. m.	28.55	1120	39.24
2:30:00 p. m.	30.74	1056	34.35
2:45:00 p. m.	29.50	1020	34.57
3:00:00 p. m.	27.59	1073	38.89
3:15:00 p. m.	25.28	1100	43.51
3:30:00 p. m.	27.54	1124	40.81
3:45:00 p. m.	29.52	1107	37.50
4:00:00 p. m.	30.96	1050	33.91
4:15:00 p. m.	29.07	1055	36.29
4:30:00 p. m.	25.28	1069	42.28
4:45:00 p. m.	25.48	1063	41.71
5:00:00 p. m.	22.53	1041	46.21
5:15:00 p. m.	24.34	1029	42.28
5:30:00 p. m.	25.52	985	38.60
5:45:00 p. m.	25.32	942	37.20
6:00:00 p. m.	27.03	994	36.77
6:15:00 p. m.	26.63	981	36.84
6:30:00 p. m.	29.97	1055	35.20
6:45:00 p. m.	30.25	1158	38.28
7:00:00 p. m.	29.88	1150	38.49

Fuente: Elaboración propia.

Densidad y flujo

Tabla 29

Densidad y flujo carrera 53 con calle 106, sin cámara.

K	Q
0.00	0
5.00	193
10.00	368

15.00	527
20.00	669
25.00	793
30.00	901
35.00	992
40.00	1066
45.00	1123
50.00	1163
55.00	1186
60.00	1192
65.00	1181
70.00	1153
75.00	1108
80.00	1046
85.00	968
90.00	872
95.00	759
100.00	630
105.00	483
110.00	319
115.00	139
118.56	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30

Parámetros modelo lineal carrera 53 con calle 106, sin cámara.

Parámetros modelo lineal	
0.3392	VI/Kc
40.215	VI
118.56	Kc
59.28	Km
1191.96	qm

Fuente: Elaboración propia.

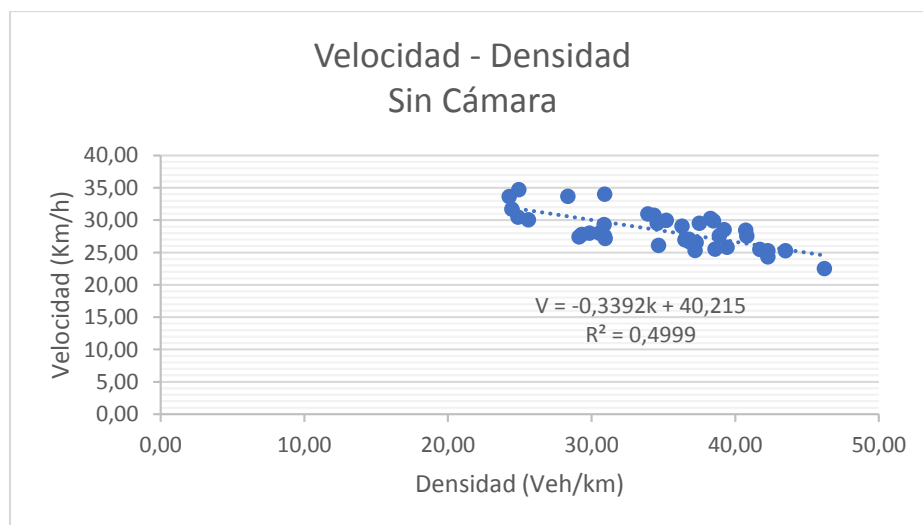


Figura 19 Relación velocidad – densidad, escenario sin cámara.

Fuente: Elaboración propia.

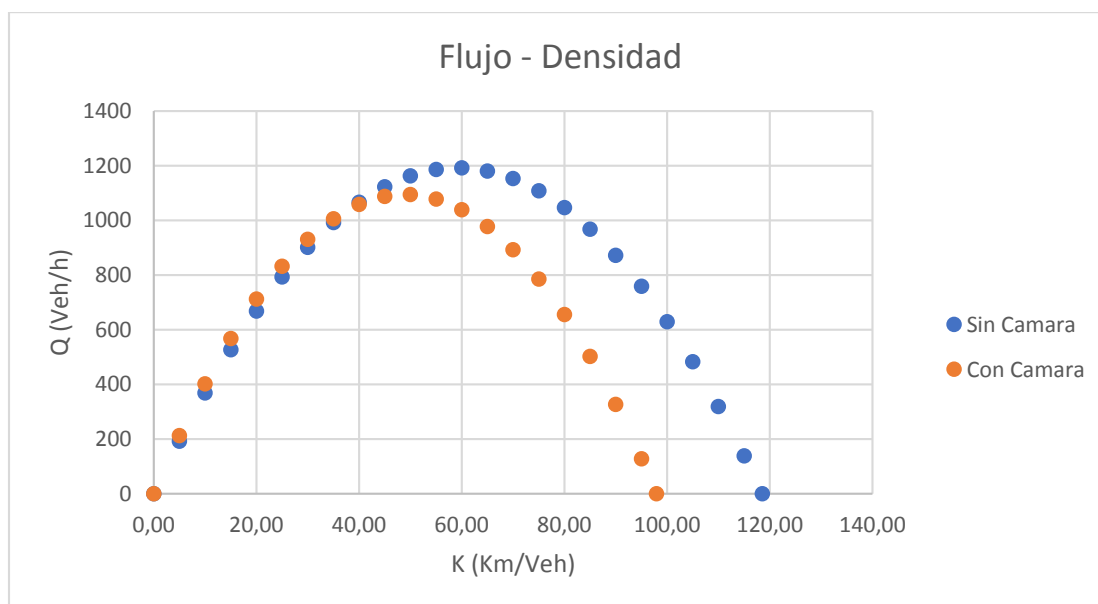


Figura 20 Relación flujo – densidad, ambos escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio de la información tomada en el corredor de la carrera 53 con calle 106 se realizó el análisis de la relación velocidad – densidad, de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara” en una jornada continua de 12 horas. En el escenario “sin cámara” a medida que aumentaba la densidad disminuía la velocidad con un flujo máximo de $q_m=1191,96$ como también para el escenario “con cámara” a medida que aumentaba la densidad disminuía la velocidad con un flujo máximo de $q_m=1094,83$

Para el análisis de la relación flujo – densidad, se realizó una gráfica comparativa de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara”. En los dos escenarios, a medida que aumenta el flujo aumenta la densidad en cambio cuando el flujo sobrepasa la capacidad de la vía este empieza a disminuir. Al comparar las relaciones encontradas de flujo-densidad se observa que la capacidad en el caso cuando hay presencia de cámaras se ve afectada. El porcentaje de disminución de la capacidad de la vía es de -8%.

Vía 40 con calle 73

✓ Con cámara

Tabla 31

Velocidad, flujo y densidad vía 40 con calle 73, con cámara.

Hora	Velocidad	Flujo	Densidad
7:45:00 a. m.	28.938	1938	66.97
8:00:00 a. m.	27.686	2032	73.39
8:15:00 a. m.	30.057	1926	64.08
8:30:00 a. m.	37.145	1779	47.89
8:45:00 a. m.	35.213	1500	42.60
9:00:00 a. m.	37.878	1340	35.38
9:15:00 a. m.	34.952	1209	34.59
9:30:00 a. m.	30.946	1134	36.64
9:45:00 a. m.	30.654	1144	37.32
10:00:00 a. m.	27.726	1045	37.69
10:15:00 a. m.	28.736	992	34.52
10:30:00 a. m.	30.196	1003	33.22
10:45:00 a. m.	33.019	968	29.32
11:00:00 a. m.	37.066	957	25.82
11:15:00 a. m.	37.357	966	25.86
11:30:00 a. m.	39.304	897	22.82
11:45:00 a. m.	39.070	914	23.39
12:00:00 p. m.	32.774	935	28.53
2:00:00 p. m.	36.370	1118	30.74
2:15:00 p. m.	36.782	1089	29.61
2:30:00 p. m.	30.197	1130	37.42
2:45:00 p. m.	28.621	1168	40.81
3:00:00 p. m.	28.416	1185	41.70
3:15:00 p. m.	28.169	1242	44.09

3:30:00 p. m.	30.528	1282	41.99
3:45:00 p. m.	32.770	1250	38.14
4:00:00 p. m.	32.484	1258	38.73
4:15:00 p. m.	34.722	1205	34.70
4:30:00 p. m.	39.870	1238	31.05
4:45:00 p. m.	35.724	1272	35.61
5:00:00 p. m.	35.361	1282	36.25
5:15:00 p. m.	34.014	1388	40.81
5:30:00 p. m.	28.275	1388	49.09
5:45:00 p. m.	27.643	1458	52.74
6:00:00 p. m.	28.075	1522	54.21
6:15:00 p. m.	29.442	1565	53.16
6:30:00 p. m.	33.750	1490	44.15
6:45:00 p. m.	34.000	1544	45.41
7:00:00 p. m.	35.250	1428	40.51

Fuente: Elaboración propia.

Densidad y flujo

Tabla 32

Densidad y flujo vía 40 con calle 73, con cámara.

K	Q
0.00	0
5.00	200
10.00	390
15.00	570
20.00	739
25.00	898
30.00	1046
35.00	1185
40.00	1312
45.00	1429
50.00	1536
55.00	1633
60.00	1719
65.00	1795
70.00	1860
75.00	1915
80.00	1959
85.00	1994
90.00	2017
95.00	2031

100.00	2034
105.00	2026
110.00	2008
115.00	1980
120.00	1942
125.00	1893
130.00	1833
135.00	1764
140.00	1684
145.00	1593
150.00	1492
155.00	1381
160.00	1259
165.00	1127
170.00	984
175.00	832
180.00	668
185.00	495
190.00	311
195.00	116
197.868142	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33

Parámetros modelo lineal vía 40 con calle 73, con cámara.

Parámetros modelo lineal	
0.2078	Vl/Kc
41.117	Vl
197.87	Kc
98.93	Km
2033.94	qm

Fuente: Elaboración propia.

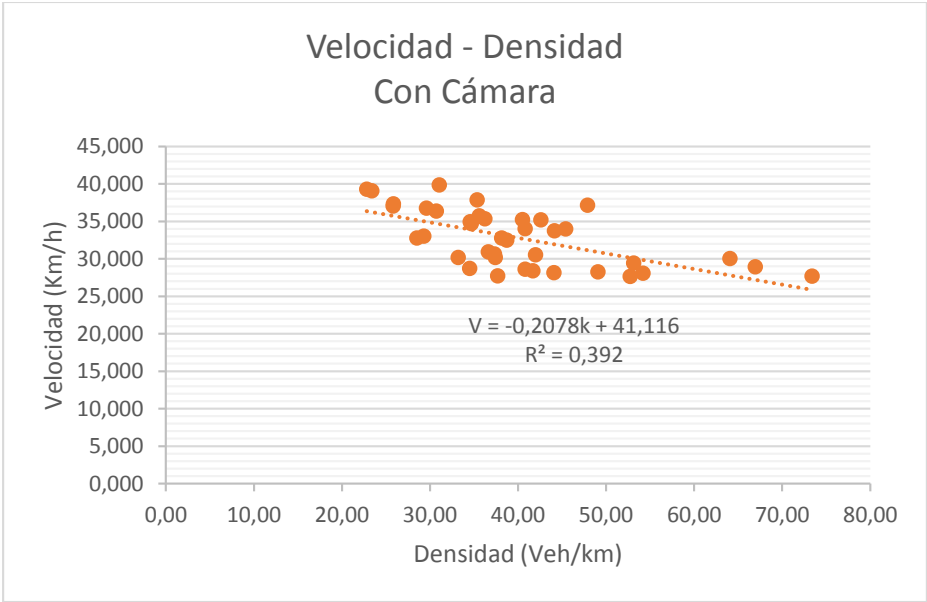


Figura 21 Relación velocidad – densidad, escenario con cámara.
Fuente: Elaboración propia.

✓ Sin cámara

Tabla 34
Velocidad, flujo y densidad vía 40 con calle 73, sin cámara.

Hora	Velocidad	Flujo	Densidad
7:45:00 a. m.	36.81	2183	59.30
8:00:00 a. m.	35.43	2336	65.93
8:15:00 a. m.	33.86	2398	70.81
8:30:00 a. m.	31.19	2377	76.22
8:45:00 a. m.	31.19	2166	69.45
9:00:00 a. m.	32.25	1980	61.40
9:15:00 a. m.	36.03	1786	49.57
9:30:00 a. m.	41.62	1694	40.70
9:45:00 a. m.	39.55	1643	41.55
10:00:00 a. m.	39.83	1621	40.70
10:15:00 a. m.	39.97	1607	40.20
10:30:00 a. m.	43.11	1497	34.72
10:45:00 a. m.	42.45	1413	33.29
11:00:00 a. m.	42.13	1426	33.85
11:15:00 a. m.	38.51	1489	38.66
11:30:00 a. m.	37.39	1581	42.28
11:45:00 a. m.	37.39	1633	43.67
12:00:00 p. m.	37.88	1658	43.77
2:00:00 p. m.	33.60	1486	44.23
2:15:00 p. m.	31.91	1659	52.00

2:30:00 p. m.	31.91	1909	59.83
2:45:00 p. m.	34.01	2030	59.70
3:00:00 p. m.	29.79	2051	68.86
3:15:00 p. m.	32.34	1883	58.23
3:30:00 p. m.	31.52	1735	55.04
3:45:00 p. m.	28.46	1571	55.20
4:00:00 p. m.	32.75	1507	46.01
4:15:00 p. m.	31.99	1529	47.80
4:30:00 p. m.	33.94	1627	47.94
4:45:00 p. m.	32.83	1669	50.84
5:00:00 p. m.	30.32	1605	52.93
5:15:00 p. m.	29.09	1755	60.34
5:30:00 p. m.	29.56	1765	59.70
5:45:00 p. m.	29.88	1947	65.17
6:00:00 p. m.	28.13	2245	79.82
6:15:00 p. m.	27.27	2355	86.36
6:30:00 p. m.	29.75	2439	81.98
6:45:00 p. m.	30.25	2293	75.80
7:00:00 p. m.	33.50	2023	60.39

Fuente: Elaboración propia.

Densidad y flujo

Tabla 35

Densidad y flujo vía 40 con calle 73, sin cámara.

K	Q
0.00	0
5.00	233
10.00	454
15.00	662
20.00	857
25.00	1041
30.00	1211
35.00	1370
40.00	1515
45.00	1649
50.00	1770
55.00	1878
60.00	1974
65.00	2057
70.00	2128
75.00	2187

80.00	2233
85.00	2267
90.00	2288
95.00	2296
100.00	2293
105.00	2276
110.00	2248
115.00	2207
120.00	2153
125.00	2087
130.00	2008
135.00	1917
140.00	1814
145.00	1698
150.00	1569
155.00	1428
160.00	1275
165.00	1109
170.00	931
175.00	740
180.00	537
185.00	321
190.00	93
191.97	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36

Parámetros modelo lineal vía 40 con calle 73, sin cámara.

Parámetros modelo lineal	
0.2493	Vl/Kc
47.857	Vl
191.97	Kc
95.98	Km
2296.72	qm

Fuente: Elaboración propia.

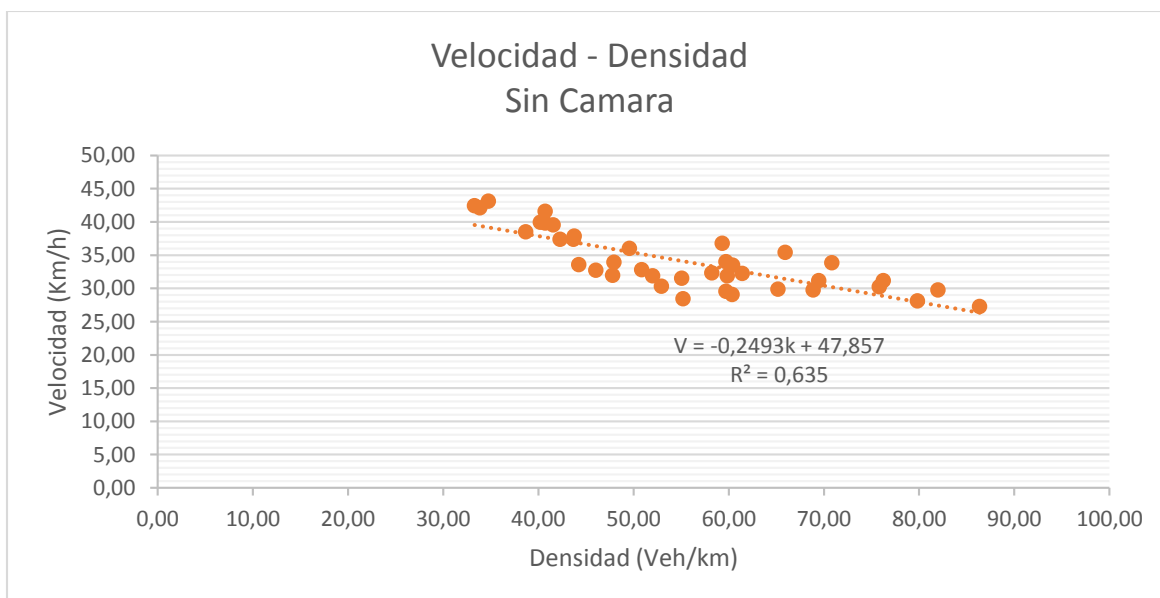


Figura 22 Relación velocidad – densidad, escenario sin cámara.

Fuente: Elaboración propia.

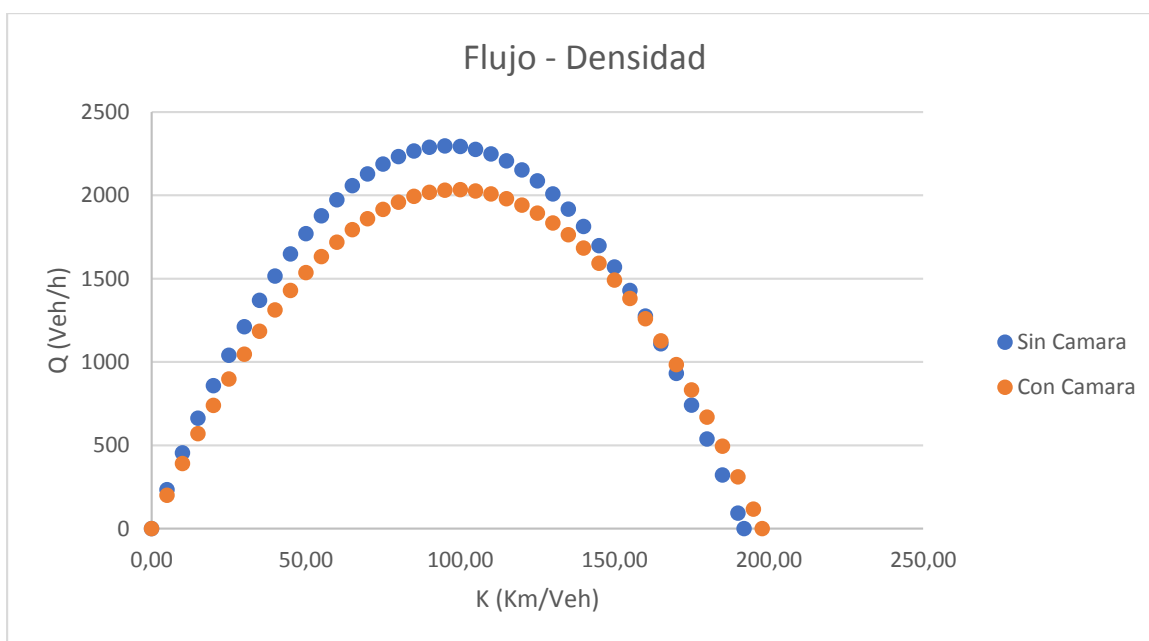


Figura 23 Relación flujo – densidad, ambos escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio de la información tomada en el corredor de vía 40 con calle 73 se realizó el análisis de la relación velocidad – densidad, de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara” en una jornada continua de 12 horas. En el escenario “sin cámara” a medida que aumentaba la densidad disminuía la velocidad con un flujo máximo de $q_m=2296,72$ como

también para el escenario “con cámara” a medida que aumentaba la densidad disminuía la velocidad con un flujo máximo de $q_m=2033,94$

Para el análisis de la relación flujo – densidad, se realizó una gráfica comparativa de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara”. En los dos escenarios, a medida que aumenta el flujo aumenta la densidad en cambio cuando el flujo sobrepasa la capacidad de la vía este empieza a disminuir. Al comparar las relaciones encontradas de flujo-densidad se observa que la capacidad en el caso cuando hay presencia de cámaras se ve afectada. El porcentaje de disminución de la capacidad de la vía es de -11%.

Carrera 53 con calle 85

✓ Con cámara

Tabla 37

Velocidad, flujo y densidad carrera 53 con calle 85, con cámara.

Hora	Velocidad	Flujo	Densidad
7:45:00 a. m.	22.031	599	27.19
8:00:00 a. m.	22.461	628	27.96
8:15:00 a. m.	22.461	510	22.71
8:30:00 a. m.	21.794	583	26.75
8:45:00 a. m.	23.817	698	29.31
9:00:00 a. m.	22.479	718	31.94
9:15:00 a. m.	21.271	841	39.54
9:30:00 a. m.	19.503	857	43.94
9:45:00 a. m.	18.734	801	42.76
10:00:00 a. m.	18.734	827	44.14
10:15:00 a. m.	21.247	837	39.39
10:30:00 a. m.	23.363	865	37.02
10:45:00 a. m.	22.759	916	40.25
11:00:00 a. m.	23.071	957	41.48
11:15:00 a. m.	21.849	976	44.67
11:30:00 a. m.	20.707	977	47.18
11:45:00 a. m.	20.428	1010	49.44
12:00:00 p. m.	19.918	1010	50.71
2:00:00 p. m.	23.743	948	39.93
2:15:00 p. m.	24.052	1000	41.58
2:30:00 p. m.	24.613	1032	41.93

2:45:00 p. m.	21.348	1043	48.86
3:00:00 p. m.	21.830	1071	49.06
3:15:00 p. m.	20.346	1054	51.80
3:30:00 p. m.	20.683	1035	50.04
3:45:00 p. m.	21.711	1041	47.95
4:00:00 p. m.	21.233	1005	47.33
4:15:00 p. m.	20.827	1021	49.02
4:30:00 p. m.	20.827	1038	49.84
4:45:00 p. m.	18.950	1082	57.10
5:00:00 p. m.	18.263	1094	59.90
5:15:00 p. m.	19.125	1094	57.20
5:30:00 p. m.	18.506	1040	56.20
5:45:00 p. m.	20.480	953	46.53
6:00:00 p. m.	20.792	894	43.00
6:15:00 p. m.	20.792	849	40.83
6:30:00 p. m.	20.312	854	42.04
6:45:00 p. m.	20.801	840	40.38
7:00:00 p. m.	20.489	827	40.36

Fuente: Elaboración propia.

Densidad y flujo

Tabla 38

Densidad y flujo carrera 53 con calle 85, con cámara.

K	Q
0.00	0
5.00	128
10.00	249
15.00	366
20.00	476
25.00	581
30.00	681
35.00	774
40.00	862
45.00	945
50.00	1021
55.00	1092
60.00	1158
65.00	1218
70.00	1272
75.00	1320
80.00	1363

85.00	1400
90.00	1432
95.00	1457
100.00	1478
105.00	1492
110.00	1501
115.00	1504
120.00	1502
125.00	1494
130.00	1480
135.00	1461
140.00	1436
145.00	1405
150.00	1369
155.00	1327
160.00	1280
165.00	1226
170.00	1167
175.00	1103
180.00	1033
185.00	957
190.00	875
195.00	788
200.00	695
205.00	597
210.00	493
215.00	383
220.00	268
225.00	147
230.77	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39

Parámetros modelo lineal carrera 53 con calle 85, con cámara.

Parámetros modelo lineal	
0.113	Vl/Kc
26.077	Vl
230.77	Kc
115.38	Km
1504.45	qm

Fuente: Elaboración propia.

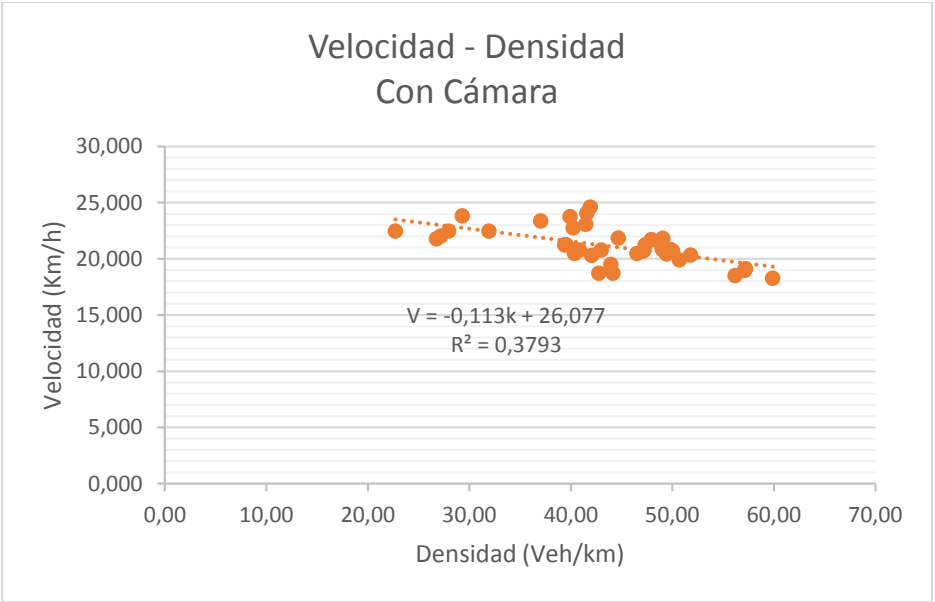


Figura 24 Relación velocidad – densidad, escenario con cámara.
Fuente: Elaboración propia.

✓ Sin cámara

Tabla 40
Velocidad, flujo y densidad carrera 53 con calle 85, sin cámara.

Hora	Velocidad	Flujo	Densidad
7:45:00 a. m.	22.23	681	30.63
8:00:00 a. m.	22.48	714	31.77
8:15:00 a. m.	23.82	580	24.35
8:30:00 a. m.	24.16	663	27.44
8:45:00 a. m.	25.05	794	31.69
9:00:00 a. m.	24.75	816	32.98
9:15:00 a. m.	22.95	956	41.65
9:30:00 a. m.	23.24	974	41.91
9:45:00 a. m.	22.47	910	40.50
10:00:00 a. m.	23.77	941	39.59
10:15:00 a. m.	23.77	951	40.01
10:30:00 a. m.	23.77	983	41.36
10:45:00 a. m.	21.12	1041	49.28
11:00:00 a. m.	19.12	1088	56.90
11:15:00 a. m.	20.00	1109	55.46
11:30:00 a. m.	19.55	1110	56.77
11:45:00 a. m.	20.57	1148	55.82
12:00:00 p. m.	22.15	1148	51.83
2:00:00 p. m.	23.75	1078	45.40

2:15:00 p. m.	20.56	1137	55.31
2:30:00 p. m.	21.16	1173	55.43
2:45:00 p. m.	20.57	1186	57.67
3:00:00 p. m.	19.64	1217	61.96
3:15:00 p. m.	22.54	1198	53.16
3:30:00 p. m.	22.21	1176	52.96
3:45:00 p. m.	21.36	1184	55.44
4:00:00 p. m.	22.90	1143	49.91
4:15:00 p. m.	20.49	1161	56.68
4:30:00 p. m.	21.27	1180	55.49
4:45:00 p. m.	20.94	1230	58.74
5:00:00 p. m.	20.57	1244	60.49
5:15:00 p. m.	21.86	1244	56.90
5:30:00 p. m.	21.33	1183	55.45
5:45:00 p. m.	22.80	1083	47.49
6:00:00 p. m.	22.28	1016	45.61
6:15:00 p. m.	20.65	966	46.79
6:30:00 p. m.	21.77	971	44.60
6:45:00 p. m.	21.54	955	44.34
7:00:00 p. m.	22.46	941	41.89

Fuente: Elaboración propia.

Densidad y flujo

Tabla 41

Densidad y flujo carrera 53 con calle 85, sin cámara.

K	Q
0.00	0
5.00	135
10.00	264
15.00	387
20.00	505
25.00	616
30.00	722
35.00	821
40.00	915
45.00	1003
50.00	1085
55.00	1161
60.00	1231
65.00	1295
70.00	1353

75.00	1405
80.00	1452
85.00	1492
90.00	1527
95.00	1555
100.00	1578
105.00	1595
110.00	1606
115.00	1611
120.00	1610
125.00	1603
130.00	1591
135.00	1572
140.00	1547
145.00	1517
150.00	1481
155.00	1438
160.00	1390
165.00	1336
170.00	1276
175.00	1210
180.00	1139
185.00	1061
190.00	977
195.00	888
200.00	792
205.00	691
210.00	584
215.00	470
220.00	351
225.00	226
230.00	95
233.51	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Parámetros modelo lineal carrera 53 con calle 85, sin cámara.

Parámetros modelo lineal	
0.1182	VI/Kc
27.601	VI
233.51	Kc
116.76	Km

1611.28	qm
---------	----

Fuente: Elaboración propia.

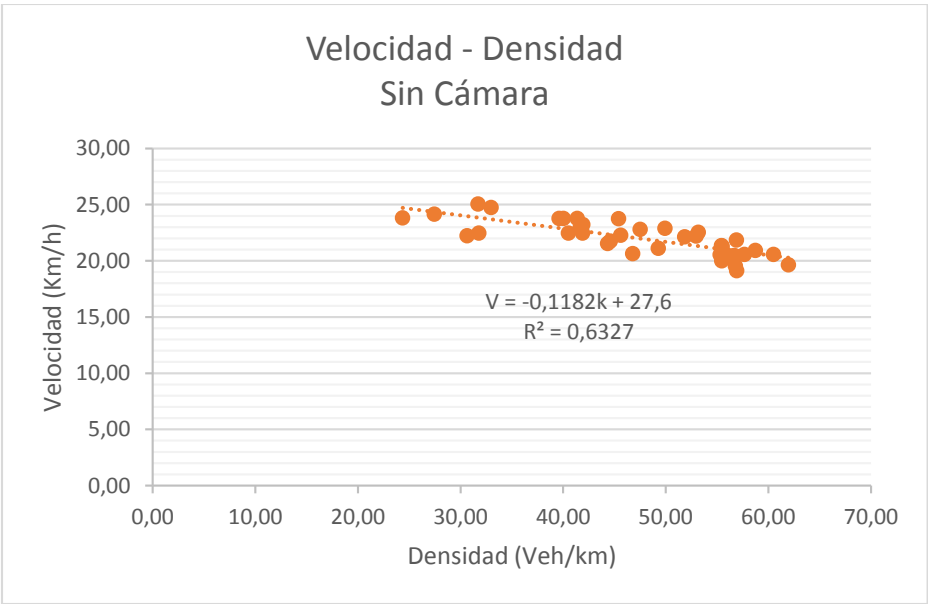


Figura 25 Relación velocidad – densidad, escenario sin cámara.
Fuente: Elaboración propia.

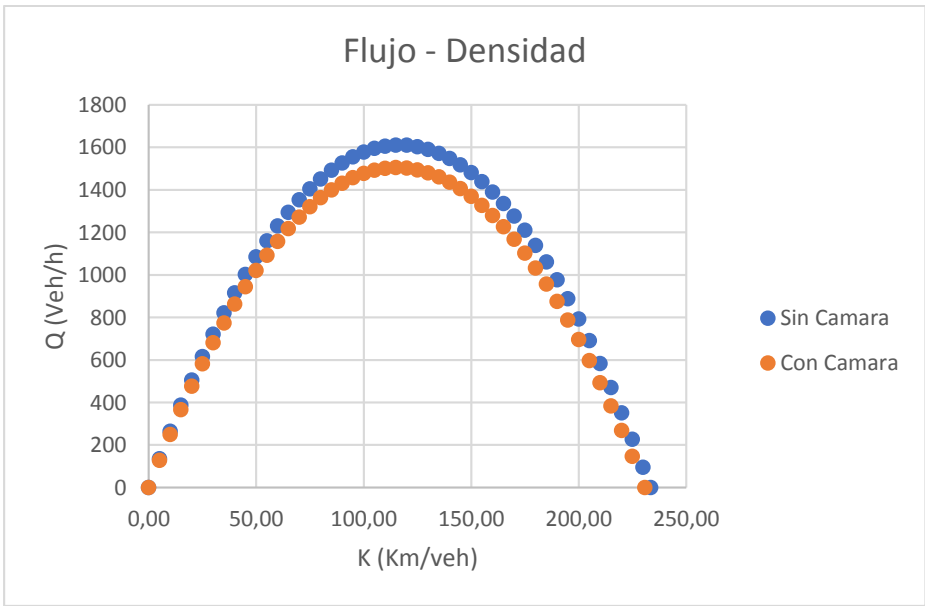


Figura 26 Relación flujo – densidad, ambos escenarios.
Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio de la información tomada en el corredor de la carrera 53 con calle 85 se realizó el análisis de la relación velocidad – densidad, de los dos escenarios evaluados “con

cámara” y “sin cámara” en una jornada continua de 12 horas. En el escenario “sin cámara” a medida que aumentaba la densidad disminuía la velocidad con un flujo máximo de $q_m=1611,28$ como también para el escenario “con cámara” a medida que aumentaba la densidad disminuía la velocidad con un flujo máximo de $q_m=1504,45$

Para el análisis de la relación flujo – densidad, se realizó una gráfica comparativa de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara”. En los dos escenarios, a medida que aumenta el flujo aumenta la densidad en cambio cuando el flujo sobrepasa la capacidad de la vía este empieza a disminuir. Al comparar las relaciones encontradas de flujo-densidad se observa que la capacidad en el caso cuando hay presencia de cámaras se ve afectada. El porcentaje de disminución de la capacidad de la vía es de -7%.

Carrera 51B con calle 102

✓ Con cámara

Tabla 43

Velocidad, flujo y densidad carrera 51B con calle 102, con cámara.

Hora	Velocidad	Flujo	Densidad
7:45:00 a. m.	30.580	918	30.02
8:00:00 a. m.	31.471	837	26.60
8:15:00 a. m.	27.539	811	29.45
8:30:00 a. m.	26.899	711	26.43
8:45:00 a. m.	24.488	699	28.54
9:00:00 a. m.	23.945	706	29.48
9:15:00 a. m.	26.410	660	24.99
9:30:00 a. m.	25.123	703	27.98
9:45:00 a. m.	26.098	635	24.33
10:00:00 a. m.	25.858	617	23.86
10:15:00 a. m.	27.784	601	21.63
10:30:00 a. m.	27.007	530	19.62
10:45:00 a. m.	24.631	586	23.79
11:00:00 a. m.	23.316	568	24.36
11:15:00 a. m.	20.741	530	25.55
11:30:00 a. m.	21.196	546	25.76
11:45:00 a. m.	22.382	500	22.34

12:00:00 p. m.	25.052	475	18.96
2:00:00 p. m.	35.790	589	16.46
2:15:00 p. m.	36.937	619	16.76
2:30:00 p. m.	33.951	673	19.82
2:45:00 p. m.	35.200	713	20.26
3:00:00 p. m.	33.772	711	21.05
3:15:00 p. m.	30.613	680	22.21
3:30:00 p. m.	30.346	593	19.54
3:45:00 p. m.	29.149	549	18.83
4:00:00 p. m.	29.586	553	18.69
4:15:00 p. m.	29.927	584	19.51
4:30:00 p. m.	31.312	613	19.58
4:45:00 p. m.	30.295	683	22.54
5:00:00 p. m.	28.926	673	23.27
5:15:00 p. m.	28.926	644	22.26
5:30:00 p. m.	28.377	644	22.69
5:45:00 p. m.	29.785	619	20.78
6:00:00 p. m.	27.299	602	22.05
6:15:00 p. m.	29.097	630	21.65
6:30:00 p. m.	29.500	657	22.27
6:45:00 p. m.	31.000	672	21.68
7:00:00 p. m.	30.250	747	24.69

Fuente: Elaboración propia.

Densidad y flujo

Tabla 44

Densidad y flujo carrera 51B con calle 102, con cámara.

K	Q
0.00	0
5.00	172
10.00	319
15.00	442
20.00	540
25.00	613
30.00	662
35.00	687
40.00	687
45.00	662
50.00	612
55.00	538
60.00	440

65.00	317
70.00	169
74.91	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45
Parámetros modelo lineal carrera 51B con calle 102, con cámara.

Parámetros modelo lineal	
0.4916	VI/Kc
36.828	VI
74.91	Kc
37.46	Km
689.74	qm

Fuente: Elaboración propia.

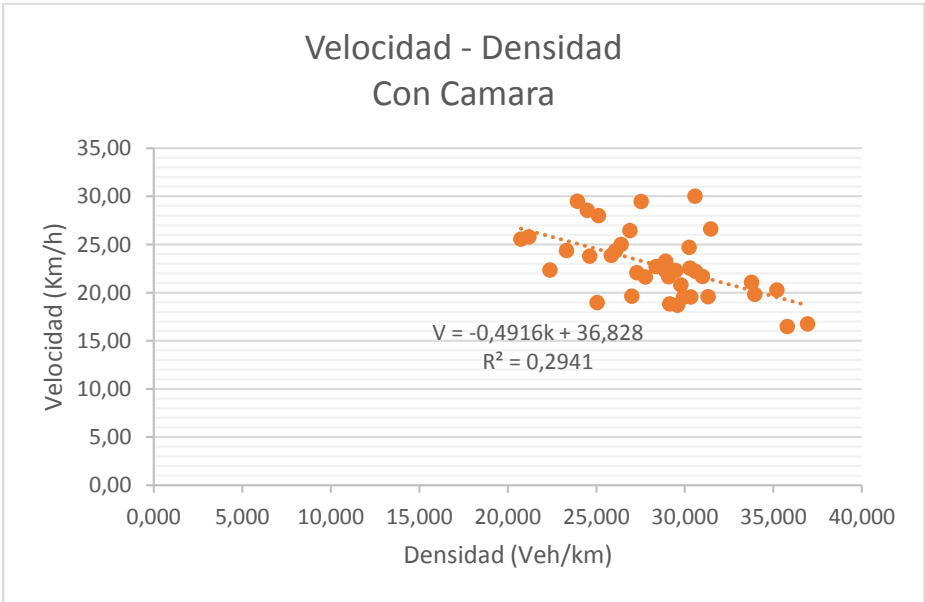


Figura 27 Relación velocidad – densidad, escenario con cámara.
Fuente: Elaboración propia.

✓ Sin cámara

Tabla 46
Velocidad, flujo y densidad carrera 51B con calle 102, sin cámara.

Hora	Velocidad	Flujo	Densidad
7:45:00 a. m.	28.61	918	32.09
8:00:00 a. m.	28.64	837	29.23
8:15:00 a. m.	28.84	811	28.12
8:30:00 a. m.	29.27	711	24.29
8:45:00 a. m.	29.45	699	23.74
9:00:00 a. m.	29.86	706	23.64

9:15:00 a. m.	29.90	660	22.08
9:30:00 a. m.	30.45	703	23.09
9:45:00 a. m.	31.02	635	20.47
10:00:00 a. m.	31.13	617	19.82
10:15:00 a. m.	31.40	601	19.14
10:30:00 a. m.	31.46	530	16.85
10:45:00 a. m.	31.52	586	18.59
11:00:00 a. m.	31.59	568	17.98
11:15:00 a. m.	31.70	530	16.72
11:30:00 a. m.	32.21	546	16.95
11:45:00 a. m.	32.90	500	15.20
12:00:00 p. m.	33.07	475	14.36
2:00:00 p. m.	31.17	589	18.89
2:15:00 p. m.	32.47	619	19.06
2:30:00 p. m.	31.88	673	21.11
2:45:00 p. m.	31.92	713	22.33
3:00:00 p. m.	33.19	711	21.42
3:15:00 p. m.	33.62	680	20.23
3:30:00 p. m.	33.95	593	17.47
3:45:00 p. m.	33.86	549	16.21
4:00:00 p. m.	34.41	553	16.07
4:15:00 p. m.	34.23	584	17.06
4:30:00 p. m.	33.77	613	18.15
4:45:00 p. m.	33.81	683	20.20
5:00:00 p. m.	32.87	673	20.48
5:15:00 p. m.	32.06	644	20.09
5:30:00 p. m.	31.38	644	20.52
5:45:00 p. m.	30.35	619	20.40
6:00:00 p. m.	31.17	602	19.31
6:15:00 p. m.	32.40	630	19.44
6:30:00 p. m.	34.21	657	19.20
6:45:00 p. m.	35.35	672	19.01
7:00:00 p. m.	34.98	747	21.36

Fuente: Elaboración propia.

Densidad y flujo

Tabla 47

Densidad y flujo carrera 51B con calle 102, sin cámara.

K	Q
0.00	0
5.00	185

10.00	354
15.00	506
20.00	641
25.00	759
30.00	860
35.00	944
40.00	1012
45.00	1062
50.00	1096
55.00	1113
60.00	1113
65.00	1096
70.00	1063
75.00	1012
80.00	945
85.00	860
90.00	759
95.00	641
100.00	507
105.00	355
110.00	186
115.02	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48

Parámetros modelo lineal carrera 51B con calle 102, sin cámara.

Parámetros modelo lineal	
0.3372	Vl/Kc
38.785	Vl
115.02	Kc
57.51	Km
1115.27	qm

Fuente: Elaboración propia.

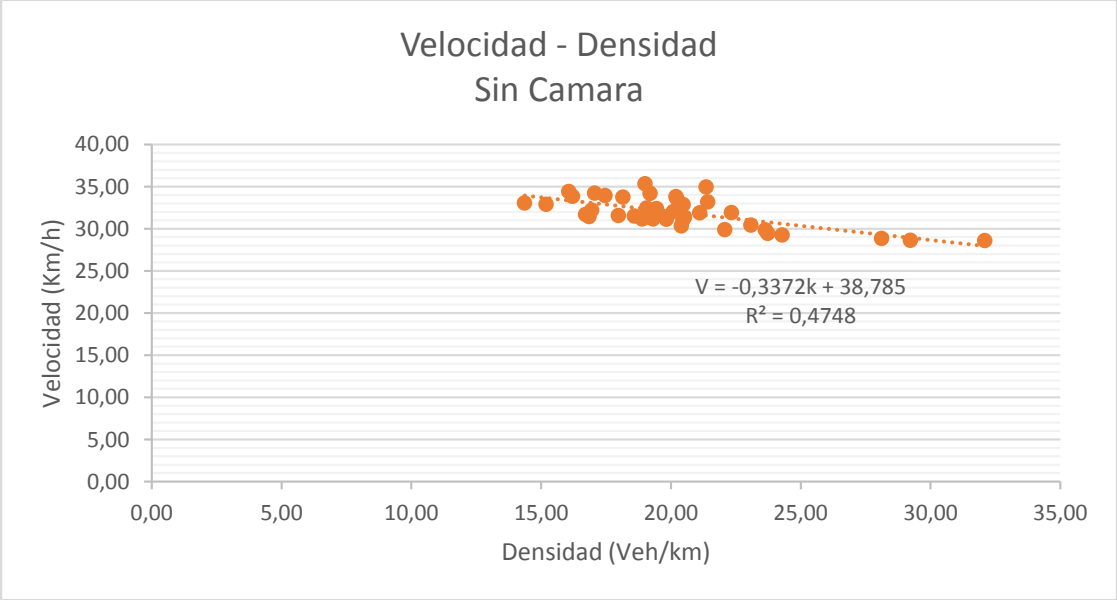


Figura 28 Relación velocidad – densidad, escenario sin cámara.
Fuente: Elaboración propia.

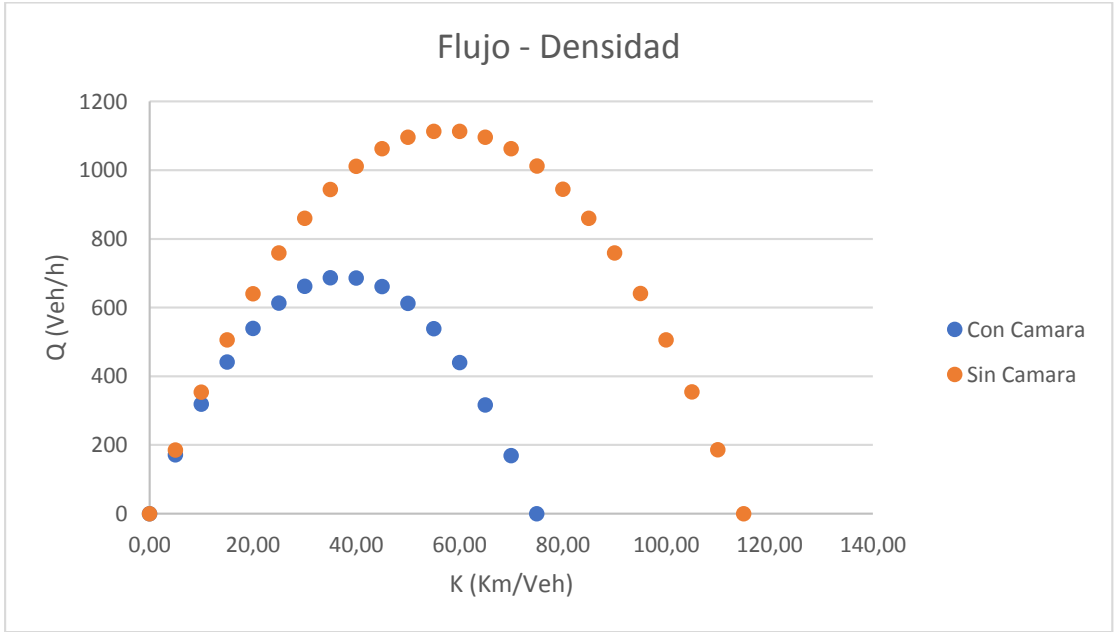


Figura 29 Relación flujo – densidad, ambos escenarios.
Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio de la información tomada en el corredor de la carrera 51b con calle 102 se realizó el análisis de la relación velocidad-densidad, de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara” en una jornada continua de 12 horas. En el escenario “sin cámara” a medida que

aumentaba la velocidad disminuía la densidad con un flujo máximo de $q_m=1115,27$ como también para el escenario “con cámara” a medida que aumentaba la velocidad disminuía la densidad con un flujo máximo de $q_m=689,74$.

Para el análisis de la relación flujo -densidad, se realizó una gráfica comparativa de los dos escenarios evaluados “con cámara” y “sin cámara”. En los dos escenarios, a medida que aumenta el flujo aumenta la densidad en cambio cuando el flujo sobrepasa la capacidad de la vía este empieza a disminuir. Al comparar las relaciones encontradas de flujo-densidad se observa que la capacidad en el caso cuando hay presencia de cámaras se ve afectada. El porcentaje de disminución de la capacidad de la vía es de -38%.

Conclusiones

- Se confirma la hipótesis planteada dentro de esta investigación que consiste en que la implementación de medidas de Traffic Calming como cámaras de detección de velocidad disminuyen la capacidad efectiva de las vías.
- Se evidencia que en el grado de afectación de la capacidad de los corredores influyen variables adicionales al flujo que resulta de interés investigar cuáles son.
- Si no se quiere afectar la operación de las vías no se recomienda la implementación de cámaras de detección de velocidad en tramos no congestionados.

Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se recomienda evaluar más puntos, debido a que con la situación que atraviesa nuestro país relacionada con el virus del covid 19 no se pudieron evaluar más puntos con fiscalización electrónica ya que cuando se estaba realizando la toma de datos empezó la pandemia.
- Analizar los modelos logarítmicos y exponenciales, en esta investigación no se realizó debido a que no serían significativos por falta de datos en estas franjas congestionadas y no congestionadas.
- Existen varios factores que están afectando la capacidad vial y no se están teniendo en cuenta, y aunque nos faltan datos para observar más modelos, el tema de la tesis es completamente innovador, toda vez que no hay artículo en la literatura que evalúe el sistema de cámaras con relaciones de flujo y capacidad.

Referencias

- Ana Tsui Moreno, A. G. (2012). Use of speed profile as surrogate measure: Effect of traffic calming devices on cross-town road safety performance. *ScienceDirect*.
- Atlántico, G. d. (26 de diciembre de 2014). *Gobernación del Atlántico*. Obtenido de Gobernación del Atlántico:
<https://www.atlantico.gov.co/index.php/departamento/presentaciondepartamento-45237>
- Bains, M. S., Bhardwaj, A., Arkatkar, S., & Velmurugan, S. (2013). Effect of Speed Limit Compliance on Roadway Capacity of Indian Expressways. *ScienceDirect*.
- Cal y Mayor, R. (1994). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. México: Alfaomega.
- Contreras, D. (20 de diciembre de 2018). *El Heraldó*. Obtenido de El Heraldó:
<https://www.elheraldo.co/barranquilla/mintransporte-avala-las-43-camaras-de-fotomultas-de-barranquilla-579886>
- García, A., Torres, A. J., Romero, M. A., & Moreno, A. T. (2011). Traffic Microsimulation Study to Evaluate the Effect of Type and Spacing of Traffic Calming Devices on Capacity. *ScienceDirect*.
- Greenberg, H. (1959). An Analysis of Traffic Flow. *Operations Research*, Vol. 7.
- Greenshields, B. D. (1935). A Study of Traffic Capacity. *Highway Research Board*, (págs. 448 - 477). Washington, DC.
- Heraldo, E. (21 de agosto de 2014). *El Heraldó*. Obtenido de El Heraldó:
<https://www.elheraldo.co/local/accidentes-de-transito-caen-un-52-tras-instalacion-de-camaras-163571>

Hernán Gonzalo-Orden, M. R.-A. (2016). Traffic calming measures and their effect on the variation of speed. *Science Direct*.

Hernán Gonzalo-Ordena, H. P.-A. (2018). Effects of traffic calming measures in different urban areas. *Science Direct*.

Hoz, A. d. (17 de diciembre de 2017). *El Herald*o. Obtenido de El Herald

<https://www.elheraldo.co/barranquilla/fotomultas-asi-funcionan-en-barranquilla-437080>

Semeida, A. M. (2013). New models to evaluate the level of service and capacity for rural multi-lane highways in Egypt. *ScienceDirect*.

Underwood, R. T. (1961). En *Speed, Volumen, and Density Relationships, Quality and Theory of Traffic Flow* (págs. 141-187).

Anexos

Anexo A. Registro fotográfico



*Anexo A1. Cámara de detección de velocidad Carrera 51B calle 102.
Fuente: Elaboración propia.*



*Anexo A2. Cámara de detección de velocidad Carrera 53 calle 106.
Fuente: Elaboración propia.*



*Anexo A3. Cámara de detección de velocidad Carrera 53 calle 86.
Fuente: Elaboración propia.*